



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

TIAGO SANTOS TELLES

**A EROSÃO DO SOLO NO BRASIL:
HISTÓRICO DA PESQUISA E CUSTOS DAS PERDAS DE
NUTRIENTES**

Londrina
2012

TIAGO SANTOS TELLES

**A EROSÃO DO SOLO NO BRASIL:
HISTÓRICO DA PESQUISA E CUSTOS DAS PERDAS DE
NUTRIENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Guimarães

Co-Orientadora: Dr.^a Sonia Carmela Falci Dechen

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

T274e Telles, Tiago Santos.

A erosão do solo no Brasil: histórico da pesquisa e custos das perdas de nutrientes / Tiago Santos Telles. – Londrina, 2012.
125p. : il.

Orientador: Maria de Fátima Guimarães.

Co-orientador: Sonia Carmela Falci Dechen.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Solos – Erosão – Brasil – Teses. 2. Solos – Nutrientes – Teses. 3. Solos –
Conservação – Teses. 4. Solos – Manejo – Teses. 4. Solos – Análise – Teses.
I. Guimarães, Maria de Fátima. II. Dechen, Sonia Carmela Falci. III. Universidade
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação
em Agronomia. IV. Título.

CDU 631.459

TIAGO SANTOS TELLES

**A EROSÃO DO SOLO NO BRASIL:
HISTÓRICO DA PESQUISA E CUSTOS DAS PERDAS DE
NUTRIENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Dr.^a Isabella Clerici De Maria
IAC – Campinas - SP

Dr. Júlio Cezar Franchini dos Santos
Embrapa Soja – Londrina - PR

Dr. Tiago Pellini
IAPAR – Londrina - PR

Prof. Dr. João Tavares Filho
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
UEL – Londrina - PR

Dr.^a Graziela Moraes de Cesare Barbosa
IAPAR – Londrina - PR

Orientadora. Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima
Guimarães
UEL – Londrina - PR

Co-Orientadora. Dr.^a Sonia Carmela Falci
Dechen
IAC – Campinas - SC

Londrina, 26 de janeiro de 2012.

Dedico este trabalho a minha mãe, Janete
Oliveira Santos Bosa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Guimarães pelos incentivos ao longo do doutorado, determinantes para o meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional, pela oportunidade de pesquisa conjunta e contribuições para o desenvolvimento desta tese. Sem sua intensa parceria, esta não seria possível.

A minha co-orientadora Dr.^a Sonia Carmela Falci Dechen pelo convívio, pelo estímulo, pelo compartilhamento de seus conhecimentos e pela dedicação à pesquisa, que foram fundamentais para realização deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora.

A todo corpo docente e funcionários do Programa de Pós Graduação em Agronomia, da UEL, pelo compromisso com a excelência acadêmica, e pela vital contribuição para a minha formação. Em especial, aos professores Dr. Osmar Rodrigues Brito e Dr. João Tavares Filho.

Aos pesquisadores e funcionários do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, do IAC, pela oportunidade e infra-estrutura disponível para o desenvolvimento desta tese.

Ao inestimável apoio metodológico da Prof.^a Dr.^a Ines Cristina de Batista Fonseca, da UEL, e das pesquisadoras Inês Fumiko Ubukata Yada e Maria Elizabeth da Costa Vasconcellos, do IAPAR.

Aos funcionários das bibliotecas da UEL, do IAC, do IAPAR e da Embrapa Soja pelo indispensável apoio técnico.

A meus colegas e amigos, dos quais sempre recebi grande incentivo. Em especial, ao Dr. Auro Akio Otsubo e a Dra. Walquiria Machado.

Aos meus familiares, que ao longo de minha vida me apoiaram em todos os meus projetos e desafios.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Por último, e mais importante, a Deus!

“O solo é a pátria, cultivá-lo e conservá-lo é engrandecê-la (...).”

Adaptação de Antonio Roque Dechen

TELLES, Tiago Santos. **A erosão do solo no Brasil**: histórico da pesquisa e custos das perdas de nutrientes. 2012. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

A erosão do solo ainda é um problema grave no Brasil, com impactos ambientais, econômicos e sociais, tornando relevantes as reflexões acerca dessa questão. Nesse contexto, a presente tese engloba, além de uma revisão de literatura, três trabalhos sobre a erosão do solo. No primeiro, foi realizada uma revisão histórica dos marcos institucionais e das pesquisas em erosão do solo no Brasil, tendo como ponto de partida o início das pesquisas em Ciências Agrárias no século XIX. Isso porque, é a partir desse período que se observa a criação de jardins botânicos, instituições executivas, institutos de pesquisa, estações experimentais, instituições de ensino e a criação e diversificação de periódicos. Em 1943 se iniciaram estudos experimentais sistêmicos, mas estas informações encontram-se dispersas na história, o que dificulta um olhar mais crítico sobre o tema e o uso efetivo dessas informações. Nesse contexto, no segundo, desenvolve-se uma sistematização dos dados publicados em periódicos científicos, sobre perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, com base na revisão de pesquisas experimentais, realizadas com chuva natural, para desenvolver uma discussão em torno dos sistemas de manejo do solo. Os resultados mostram que, em sistemas naturais ou em função de diferentes práticas conservacionistas e sistemas de manejo, como o plantio direto, as perdas por erosão podem ser nulas ou podem chegar a 344,8 t ha⁻¹ de terra e 598,7 mm de água ao ano, em sistemas que não respeitam os limites do solo. Além disso, a avaliação das perdas de terra e água nos diferentes sistemas de produção agropecuária tem fundamental importância na escolha e adoção de práticas conservacionistas e de manejo, visando minimizar a degradação dos solos, alinhando-se ao ideal do desenvolvimento sustentável. No terceiro, foram estimados os custos da erosão hídrica associados às perdas de água, terra, matéria orgânica, e nutrientes, em quatro taxas de cobertura do solo (0%, 11%, 18% e 30%). O estudo foi realizado em um experimento, conduzido entre 1987 e 1996, em um grupo de doze talhões coletores de perdas por erosão, no município de Campinas, estado de São Paulo, em um Latossolo Vermelho distroférrico, sob chuva natural. Os resultados mostram que, quanto maior o percentual de cobertura do solo, menores são os custos associados as perdas de água, terra e nutrientes causadas pela erosão hídrica. Em comparação ao solo com 0% de cobertura, aquele com 30 % reduziu as perdas anuais médias de água em 45%, as de terra em 55 % e as de matéria orgânica em 44%. Com relação aos custos, estes variaram de R\$ 68,22, no solo com 0% de cobertura, a R\$ 29,01, no solo com 30%, referentes às perdas de, respectivamente, 12,10 e 5,74 kg de superfostato triplo, 8,03 e 3,40 kg de cloreto de potássio e 495,16 e 179,71 kg de calcário dolomítico, por ha⁻¹ ano⁻¹. Os resultados demonstram a importância da cobertura do solo no controle da erosão e na redução de custos associados ao processo produtivo.

Palavras-chave Perdas de terra. Perda de água. Perdas de nutrientes. Manejo do solo. Conservação do solo.

TELLES, Tiago Santos. **The soil erosion in Brazil**: historical of the research and cost of nutrient losses. 2012. 125p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

Soil erosion remains a serious problem in Brazil, with environmental, economic and social impacts, making relevant the reflections on this issue. In this context, the present thesis comprises, in addition to a literature review, three studies on soil erosion. In the first, a historical review of institutional and research landmarks on soil erosion in Brazil was carried out, having as its starting point the beginning of Agricultural Sciences research in the nineteenth century since that in this period have been created botanical gardens, executive institutions for agricultural policy, research institutes, experimental stations, educational institutions and also been established and diversified scientific journals. Systemic experimental studies started in 1943, but as historical information on that is widely dispersed, it makes difficult a more critical view on the subject and effective use of such information. That is the context of the second article, which develops a systematization of data on land and water losses by hydric erosion in Brazil published in scientific journals, based on a review of experimental research carried out with natural rainfall, to develop a discussion about soil management systems. The results show that in natural, or for different conservation practices and management systems such as no-tillage, erosion losses can be null; conversely, can reach 344.8 t ha⁻¹ land and 598.7 mm of water per year in systems which do not regard the limits of the soil. Moreover, the evaluation of land and water losses in the different agricultural production systems is critical for the choice and adoption of practices of soil conservation and management, in order to minimize land degradation and aligning it with the ideal of sustainable development. In the third study, the costs of hydric erosion associated with loss of water, land, organic matter, and nutrients are estimated, considering four rates of soil cover (0%, 11%, 18% and 30%). This survey was carried out in a group of twelve runoff plots of erosion losses, performed from 1987 to 1996, in Campinas, SP, Brazil, in a Rhodic Hapludox soil, under natural rainfall. The results show that the higher the percentage of soil cover, the less the losses of water, soil and nutrients caused by hydric erosion. In comparison to the soil with 0% coverage, that with 30% reduced the average loss of water by 45.28%, by 47.79% the soil loss, and 44.52% by organic matter. With regard to costs, these ranged from R\$ 68.22, in soil with 0% coverage, to R\$ 29,01, in soil with 30%, relating respectively to losses of 12.10 and 5,74 kg of triple superphosphate, 8.03 and 3.40 kg of potassium chloride and 495.16 and 179.71 kg of dolomitic limestone, per ha⁻¹ yr⁻¹. The results show the importance of soil cover to control erosion and to reduce costs associated to the production process.

Keywords Soil losses. Water loss. Nutrient losses. Soil tillage. Soil conservation.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO B

- Tabela 4.1**– Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a soja como cobertura.....59
- Tabela 4.2** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o milho como cobertura.....62
- Tabela 4.3** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o feijão como cobertura.....68
- Tabela 4.4** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o trigo como cobertura70
- Tabela 4.5** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a aveia como cobertura.....73
- Tabela 4.6** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o algodão como cobertura75
- Tabela 4.7**– Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a mandioca como cobertura80
- Tabela 4.8** – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, em solo com uso de plantas de cobertura e adubos verdes.....84

Tabela 4.9 – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a cana-de-açúcar como cobertura	87
Tabela 4.10 – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o café como cobertura.....	89
Tabela 4.11 – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo pastagens como cobertura	92
Tabela 4.12 – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do tipo de solo e da declividade, tendo vegetações naturais e permanentes como cobertura.	93
Tabela 4.13 – Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do tipo de solo e da declividade, em solo sem cobertura.	94

ARTIGO C

Tabela 5.1 – Valores, de agosto de 1987, de alguns atributos químicos do solo, antes do início do experimento	102
Tabela 5.2 – Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de água, terra e matéria orgânica (MO) por erosão hídrica, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo	104
Tabela 5.3 – Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de P, K ⁺ , Ca ²⁺ e Mg ²⁺ na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo	106

Tabela 5.4 – Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} na terra carregada pela erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo	108
Tabela 5.5 – Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de superfosfato triplo (P_2O_5 , 42 %), cloreto de potássio (KCl, 60 %) e calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 38 %], na água da enxurrada e nos sedimentos da erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo..	109
Tabela 5.6 – Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão dos custos da erosão do solo associados às perdas de P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , expressas na forma de superfosfato triplo (P_2O_5 , 42%), cloreto de potássio (KCl, 60%) e calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 38%], em $\text{R\$ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alternância de capinas
AV	Adubação verde
AVA	Adubação verde anual
AVP	Adubação verde permanente
C	Contínuo
C&T	Ciência e tecnologia
CBCS	Congresso Brasileiro de Ciência do Solo
CC	Cordões em contorno
CHa	Cambissolo Húmico alumínico
CHd	Cambissolo Húmico distrófico
CM	Ceifa do mato
CME	Cultivo mecânico
CNEPA	Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas
CP	Coberto com palha
CR	Plantio em cova rasa
CV	Com vinhaça
EC	Plantio em cova
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EM	Encordoamento
EM	Plantio em nível
EP	Enleiramento permanente
ES	Plantio em sulco
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
ESAV	Escola Superior de Agricultura e Veterinária
FPC	Faixa permanente de cana-de-açúcar
FR	Faixa de retenção
IAC	Instituto Agronômico
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IIBA	Imperial Instituto Bahiano de Agricultura

IIFA	Imperial Instituto Fluminense de Agricultura
IIPA	Imperial Instituto Pernambucano de Agricultura
IIRA	Imperial Instituto Rio-grandense de Agricultura
IISA	Imperial Instituto Sergipano de Agricultura
LV	Latossolo Vermelho
LVa	Latossolo Vermelho álico
LVA	Latossolo Vermelho Amarelo
LVAa	Latossolo Vermelho Amarelo alumínico
LVAd	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico
LVd	Latossolo Vermelho distrófico
LVdf	Latossolo Vermelho distroférico
LVef	Latossolo Vermelho eutrófico
MA	Plantio morro abaixo
MS	Mato selecionado
MT	Matumbo
PC	Preparo convencional
PD	Plantio direto
PE	Palha enterrada
PL	Palha enleirada
PM	Preparo mínimo
PQ	Palha queimada
PS	Palha em superfície
PVA	Argissolo Vermelho Amarelo
PVAd	Argissolo Vermelho Amarelo distrófico
PVAe	Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico
PVd	Argissolo Vermelho distrófico
PVe	Argissolo Vermelho eutrófico
R	Rotação
RAIIFA	Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura
RC	Renques de capim-bufel
RLe	Neossolo Litólico eutrófico
S	Sucessão
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

SC	Plantio sobre camalhão
SE	Sem arrução
SNPA	Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas
SO	Sombreamento
SV	Sem vinhaça
TC	Luvissolo Crômico
TCo	Luvissolo Crômico Órtico
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USLE	Equação Universal de Perda de Solo
USP	Universidade de São Paulo
VP	Vegetação permanente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 INTRODUÇÃO.....	20
2.2 USLE.....	21
2.2.1 Fator R	22
2.2.2 Fator K	24
2.2.3 Fatores L e S.....	25
2.2.4 Fator C	26
2.2.5 Fator P	27
2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	27
2.3.1 Sistema PC	28
2.3.2 Sistema PM.....	29
2.3.3 Sistema PD	30
2.4 CONSIDERAÇÕES	31
3 ARTIGO A: HISTÓRIA DE MARCOS INSTITUCIONAIS E DA PESQUISA EM EROSÃO DO SOLO NO BRASIL	33
3.1 RESUMO	33
3.2 INTRODUÇÃO.....	35
3.3 A CIÊNCIA E A EROSÃO DO SOLO NO INÍCIO DAS PESQUISAS AGRÍCOLAS NO BRASIL: DO FINAL DO PERÍODO COLONIAL AO IMPERIAL (1808-1889)	36
3.3.1 Jardim Botânico do Rio de Janeiro (1808)	37
3.3.2 Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas (1860).....	38
3.3.3 Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura.....	38
3.3.4 Imperial Estação Agronômica de Campinas	41
3.3.5 Primeiras Escolas Agrícolas.....	42
3.4 A PESQUISA EM EROSÃO DO SOLO NA PRIMEIRA REPÚBLICA (1889-1930).....	42
3.5 A PESQUISA EM EROSÃO DO SOLO NO ESTADO NOVO (1930-1945)	44
3.5.1 Início dos Estudos Experimentais em Erosão do Solo no Brasil	46
3.6 A PESQUISA EM EROSÃO DO SOLO NA REPÚBLICA NOVA (1945-1964)	46

3.7 A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NO REGIME MILITAR (1964-1985).....	48
3.8 A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NA NOVA REPÚBLICA (1985-DIAS ATUAIS).....	49
3.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
4 ARTIGO B: A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NO BRASIL.....	53
4.1 RESUMO	53
4.2 INTRODUÇÃO.....	54
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.4.1 Culturas Anuais	59
4.4.1.1 Soja.....	59
4.4.1.2 Milho	62
4.4.1.3 Feijão	68
4.4.1.4 Trigo.....	70
4.4.1.5 Aveia.....	72
4.4.1.6 Algodão.....	75
4.4.1.7 Arroz	78
4.4.1.8 Mamona.....	79
4.4.1.9 Mandioca	80
4.4.1.10 Batata	82
4.4.1.11 Amendoim.....	82
4.4.1.12 Rami	83
4.4.1.13 Plantas de cobertura e adubos verdes	83
4.4.2 Culturas Semi-Perenes	86
4.4.2.1 Cana de açúcar.....	86
4.4.3 Culturas Perenes.....	88
4.4.3.1 Café	88
4.4.3.2 Palma.....	90
4.4.3.3 Pastagens	91
4.4.4 Vegetações Naturais e Permanentes.....	93
4.4.5 Solo Sem Cobertura.....	94
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96

5 ARTIGO C: PERDAS E CUSTOS DE NUTRIENTES CARREADOS PELA EROSÃO HÍDRICA EM TAXAS DE COBERTURA DO SOLO	98
5.1 RESUMO	98
5.2 INTRODUÇÃO	99
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	101
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
5.5 CONCLUSÕES	112
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

A erosão do solo, fundamentalmente na forma hídrica, é um problema grave no Brasil, que gera impactos agrícolas, sociais, econômicos e ambientais.

Embora o tema da erosão seja recorrente desde o início das pesquisas em Ciências Agrárias no Brasil, no século XIX, apenas em 1943 é que se registra o início de estudos experimentais sistêmicos, sendo que as informações dessas pesquisas se encontram dispersas na história.

Os estudos científicos em erosão do solo no país tem se fundamentado, desde a década de 1940, no conhecimento da dinâmica das águas das chuvas sobre o solo, momento em que se inicia o processo físico de desagregação, transporte e deposição da terra erodida, que depende de vários fatores, como tipo de solo, relevo, cobertura vegetal, manejo e práticas conservacionistas. Atuando nesses agentes as perdas de terra e água geradas pela erosão do solo podem ser aceleradas ou minimizadas através ação antrópica.

As perdas de terra por erosão hídrica são determinadas pela aplicação de modelos de predição, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo (*Universal Soil Loss Equation* – USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965; 1978), que se constitui no modelo mais empregado no Brasil (BARRETO et al., 2009).

As experiências de agricultores e da extensão rural, associadas as pesquisas de base científica em erosão do solo, têm subsidiado e oferecido à sociedade brasileira, ao longo de sua história, conhecimentos para diferentes aplicações práticas de planejamento do uso da terra e para o desenvolvimento de sistemas agrícolas conservacionistas, em escalas local, regional e nacional. Esses estudos indicam aos agentes sociais os problemas existentes, os erros cometidos quando do uso inadequado da terra, as soluções possíveis e as diretrizes a serem seguidas para o adequado uso e manejo do solo.

No entanto, a história e os dados gerados ao longo de quase 70 anos de experimentação em erosão do solo não foram sistematizados. As apreciações e os conhecimentos adquiridos através desses trabalhos não estão reunidos, o que dificulta um olhar mais crítico sobre o tema e o uso efetivo das informações.

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo tratar do tema da erosão do solo no Brasil em três perspectivas correlacionadas entre si: uma de cunho historiográfico; outra focada no levantamento e sistematização de dados; e a última, numa estimativa de perdas e custos para taxas de cobertura do solo, baseada em experimento de longa duração.

A tese é composta por uma revisão de literatura, para contextualização geral do tema, e por três artigos. O primeiro artigo teve por objetivo realizar um resgate da história da erosão do solo enquanto ciência no Brasil, tendo como ponto de partida o início das pesquisas agrícolas no século XIX. O segundo teve por objetivo sistematizar informações, publicadas em periódicos científicos, sobre perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, com base em pesquisas experimentais realizadas com chuva natural. O terceiro teve por objetivo estimar as perdas de água, terra e nutrientes (K^+ , P, Ca^{2+} e Mg^{2+}), gerados pela erosão hídrica, para quatro taxas de cobertura do solo, e estimar custos associados a essas.

Nas considerações finais é realizada uma síntese dos resultados das pesquisas em erosão do solo no país, das perdas de terra e água, dos custos associados a esse fenômeno e das perspectivas em relação a conservação do solo no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um processo natural que pode ser acelerado pela ação antrópica, sendo a forma hídrica um dos principais agentes de degradação das terras agrícolas (PIMENTEL et al., 1995). Ocorre, basicamente, em três fases: desagregação, transporte e deposição de partículas do solo.

A aceleração do processo erosivo inicia-se com a supressão da vegetação natural e em função do uso e ocupação incorretos do solo. Causa impactos sociais, econômicos e ambientais.

Desde o século XIX esse problema vem sendo relatado nas pesquisas brasileiras em ciências agrárias. No entanto, o modelo agrícola predominante no país, sempre visando atingir eficiência econômica via ganhos de produção, impediram que medidas efetivas para o seu controle fossem implantadas. Nesse contexto, o recurso natural solo foi sendo impiedosamente malbaratado por uma agricultura de exploração (MARQUES, 1943a).

Ao longo da história, a erosão do solo foi sendo “contornada” com a mecanização pesada o uso intensivo de insumos químicos. Essas práticas da Revolução Verde, envolviam a aração e gradagem do solo, expondo-o à ação da chuva, com conseqüente destruição dos agregados, formação de camadas compactadas, limitações na infiltração e permeabilidade da água, acentuando cada vez mais o processo erosivo. Além disso, os ganhos de produção com o uso intensivo de insumos e com o melhoramento genético de plantas mascaravam as perdas geradas pela degradação do solo.

Somente após experiências bem sucedidas de agricultores, aliada as pesquisas experimentais e a atuação efetiva do serviço da extensão rural, é que as práticas conservacionistas (vegetativas, edáficas e mecânicas) e os sistemas de manejo do solo, visando o controle da erosão, foram disseminados. A partir desse quadro, o problema começou a ser, de fato, minimizado com vista a sua conservação do solo¹.

¹ O Programa Paraná Rural, que teve por objetivo combater o avanço da erosão dos solos agrícolas do estado do Paraná, é um exemplo disso.

As pesquisas experimentais em erosão e conservação do solo, tiveram início no Brasil, com a instalação em 1942, da primeira Estação Experimental de Conservação de Solos e Águas, na cidade de Viçosa, na Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), do estado de Minas Gerais (MARQUES, 1943b).

Em 1943, a Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas, iniciou os seus trabalhos de base experimental nessa temática. Ao longo da década de 1940, o IAC instalou talhões experimentais nos municípios de Campinas, Pindorama, Mococa e Ribeirão Preto (MARQUES, 1951a).

Desde a década de 1940, as pesquisas em erosão do solo tem se concentrado nas estimativas e avaliação das perdas de terra e água. Entre os vários modelos de predição de erosão existentes, o mais conhecido e utilizado no Brasil é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (BARRETO et al., 2009).

Os primeiros trabalhos brasileiros com a USLE foram desenvolvidos no IAC, utilizando dados existentes desde 1954 para o estado de São Paulo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010). Mas, de acordo com Anjos e van Raij (2004), o maior volume de dados gerados com a aplicação desse modelo encontra-se no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), que vem realizando estudos na área desde 1974.

Nesse contexto, essa revisão apresenta a USLE e cada um de seus fatores e os principais sistemas de manejo.

2.2 USLE

Entre as equações que buscam exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de terra pela erosão hídrica, a que trata o assunto de modo mais universal, devido ao fato de superar parcialmente restrições climáticas e geográficas e ter uma aplicação generalizada, é a USLE (WISCHMEIER, 1984).

Os modelos precursores da USLE começaram a ser desenvolvidos na década de 1940, nos Estados Unidos. Em 1954 foi aprovada por pesquisadores do Departamento de Agricultura e Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos e do Serviço de Pesquisas Agrícolas da Universidade de Purdue, a primeira versão da USLE (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010), posteriormente aperfeiçoada

por Wischmeier e Smith (1965, 1978). Foi originalmente concebida para fornecer um método de estimação de perda de terra obtidos em experimentos de campo, com chuva natural, nos EUA, suplementado por dados coletados usando simuladores de chuva (KINELL, 2010).

A USLE foi desenvolvida para estimativa de perdas de terra, com o objetivo de orientar práticas conservacionistas (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978). A equação prediz, em médio e longo prazos, a perda anual média de solo associada à erosão hídrica, com base em fatores como o clima, o solo, a topografia, a vegetação e o manejo.

Ou seja, com o desenvolvimento da USLE, buscou-se fornecer subsídios para auxiliar os agentes (principalmente extensionistas rurais), atuantes no planejamento e na conservação do solo, para orientarem principalmente os agricultores sobre o uso adequado da terra, dando suporte para avaliar se uma determinada área cultivada apresentava perdas de terra dentro ou além dos limites considerados toleráveis para condições locais, permitindo a avaliação da eficiência da adoção de práticas conservacionistas. Assim, com base em seus resultados esperava-se implementar práticas conservacionistas para minimizar as perdas de terra a níveis aceitáveis (LARSON et al., 1997). A USLE é representada por:

$$A = R K L S C P$$

Onde: A representa a perda de terra por unidade de área, em $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; R o índice de erosividade da chuva, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; K a erodibilidade do solo, em $(t \text{ ha}^{-1})/(\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})$; L o comprimento da pendente, em metros; S a declividade do terreno, em porcentagem; C o fator que considera o uso e manejo do solo; e P o fator que considera as práticas conservacionistas adotadas. Somente R e K tem unidades. L, S, C e P são variáveis adimensionais.

2.2.1 Fator R

Segundo Wischmeier e Smith (1958), o fator R representa o potencial da chuva e das águas da enxurrada na produção da erosão do solo. Para Lal (1988), trata-se da força dirigente do agente erosivo que causa a desagregação do solo e seu transporte, onde parte da erosividade da chuva é devida ao impacto

direto das gotas de chuva sobre o solo e, outra, ao escoamento superficial gerado por essa.

Tanto Hudson (1971) quanto Wischmeier e Smith (1978) descrevem a erosividade como uma interação entre a intensidade e a duração da precipitação, e da massa, diâmetro e velocidade da gota de chuva, que pode resultar num maior ou menor grau de desprendimento e transporte de partículas. A intensidade da chuva resulta da razão entre sua quantidade e duração, sendo que a duração determina a quantidade total da precipitação.

Quando os fatores da USLE, com exceção da erosividade, são mantidos constantes, as perdas de terra causadas pela chuva são diretamente proporcionais ao índice de erosividade (WISCHMEIER; SMITH et al., 1965). O cálculo dos valores de erosividade requer dados pluviográficos (WISCHMEIER; SMITH, 1978), entretanto esse tipo de informação é geralmente difícil de obter em muitas partes do mundo e seu processamento é extremamente moroso (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010), a condição ideal seria trabalhar com séries de dados de, no mínimo, 20 anos mas, indicam a possibilidade de se obter bons resultados com séries de 10 anos.

Após a determinação dos valores de erosividade para vários locais de uma região é possível, então, o estabelecimento de mapas sobre erosividade, chamados isoerodentes, elaborados pelo método de interpolação dos pontos (WISCHMEIER; SMITH, 1978). O mapa isoerodente representa uma fonte importante de informação sobre o potencial de erosão das chuvas de uma região. Mapas isoerodentes podem ser úteis para conservacionistas e agricultores, pois fornecem informação sobre o potencial erosivo das chuvas de certa região e contribuem no sentido de refinar o conhecimento sobre as necessidades de implementação de planos de minimização da erosão em determinadas áreas.

Como exemplos de mapas de isoerodentes, temos o de Silva (2004), para o Brasil, o desenvolvido por Bertoni e Lombardi Neto (2010), para o estado de São Paulo, e por Waltrick et al. (2011) para o estado do Paraná.

2.2.2 Fator K

O fator K indica a suscetibilidade do solo à erosão hídrica, sendo expresso como a quantidade de solo perdida por unidade de erosividade. É a medida da suscetibilidade do solo à erosão hídrica, em função de suas propriedades. A determinação desse fator deve ser efetuada preferencialmente em condições de chuva natural, demandando vários anos de medições para obtenção de um valor médio para cada tipo de solo. A erodibilidade do solo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, que é explicada pela diversidade climática, que determina o potencial erosivo das chuvas, e pelos diferentes tipos de solo, que determinam a suscetibilidade de cada um à erosão (OLSON; WISCHMEIER, 1963; WISCHMEIER; MANNERING, 1969; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Para Silva et al. (1999), a erodibilidade é o reflexo dos atributos mineralógicos, químicos, morfológicos e físicos dos solos, sendo um dos fatores mais estudados da USLE.

De acordo com Silva et al. (1994), existem, basicamente, três métodos para determinação da erodibilidade do solo. O primeiro envolve sua determinação em condições de campo sob chuva natural; o segundo, semelhante ao primeiro, determina o fator K em campo, em função das perdas de terra e do fator erosividade sob chuva simulada; e o terceiro baseia-se em modelos de regressão que contenham, como variáveis independentes, propriedades químicas, físicas e morfológicas altamente correlacionadas com o fator K.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), determina-se a erodibilidade de um solo por meio das propriedades intrínsecas que afetam a velocidade de infiltração de água no solo, bem como de sua capacidade de absorção e permeabilidade. Para Lal (1988), trata-se do efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo a desagregação de partículas e ao transporte subsequente.

A textura, a densidade e os agregados do solo são fatores que influenciam a maior ou menor quantidade de terra arrastado pela erosão. Por exemplo, pode um solo arenoso tolerar uma chuva fraca sem nada sofrer, devido a sua macroporosidade e alta taxa de infiltração de água, porém esse solo não toleraria uma chuva intensiva, que causaria o arraste de partículas do solo. No extremo, poderíamos ter um solo argiloso, composto por mais microporos, o que lhe

proporcionaria uma infiltração mais lenta, portanto, com um escoamento maior das águas das chuvas, no entanto com maior resistência ao desprendimento de partículas do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Segundo Wischmeier e Mannering (1969) o K é o fator mais importante na determinação de práticas conservacionistas, pois reflete as perdas para os diferentes solos, expostos sob as mesmas condições de topografia, manejo e precipitação.

2.2.3 Fatores L e S

Os fatores L e S representam a intensidade da erosão hídrica afetada tanto pela distância ao longo da qual se processa o escoamento superficial quanto pela declividade do terreno. O comprimento da rampa é definido como a distância entre o ponto de origem do fluxo na parte superior do relevo até o ponto onde a deposição inicia, ou início do fluxo de água até um canal bem definido que pode ser parte de uma rede de drenos ou um canal construído (SMITH; WISCHMEIER, 1957). Uma mudança na camada de solo ou uma mudança substancial no gradiente ao longo de um declive não inicia uma nova rampa para propósitos de estimativa de perda de terra (FOSTER; WISCHMEIER, 1974).

O L e o S são considerados conjuntamente, por meio de um termo designado fator topográfico. Esse fator representa a relação entre as perdas de terra em uma área com declividade e comprimento de encosta quaisquer e as perdas que ocorrem em uma parcela padrão, com 22,1 m de comprimento e 9% de declividade (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978).

A inclinação do declive do terreno influencia fortemente as perdas de terra e água por erosão hídrica. A inclinação do terreno determina a intensidade do processo erosivo, pois quanto maior a inclinação da vertente, maior será a energia cinética da água que escoar superficialmente, e menor será a infiltração de água no solo (PINESE JÚNIOR, 2008). Com isso, aumenta a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada em sulcos no sentido da pendente (FOSTER; WISCHMEIER, 1974; COGO et al., 2003).

Para Foster e Wischmeier (1974), o efeito do comprimento do declive no fluxo de água anual por unidade de área de cultivo pode geralmente ser

desprezível. Eles constataram que em alguns estudos o fluxo de água por unidade de área foi muito baixo em declives mais longos durante a estação de crescimento e significativamente maiores durante a estação de dormência, mas as diferenças foram relativamente pequenas e sua correlação consistente. Porém, a perda de terra por unidade de área geralmente aumenta substancialmente quando o comprimento do declive aumenta. O comprimento da rampa é difícil de se determinar em longos declives, com um gradiente médio menor que 1%, mesmo que seja utilizada uma medição precisa com equipamento moderno. Em rampas planas, a obtenção de valores precisos tanto da erosão, como da deposição por um fator de comprimento pode não ser possível. Entretanto, em um declive com medida próxima de zero por cento, o aumento do comprimento poderia ter um menor efeito na velocidade de escoamento, e as maiores depressões acumulariam a água originária do fluxo amortecendo o impacto das gotas de chuva.

2.2.4 Fator C

O fator C representa a influência da cultura e dos manejos adotados no preparo, plantio e cultivo nas perdas por erosão hídrica. Corresponde à razão entre a perda de terra de um solo preparado e cultivado e a de um mantido continuamente descoberto. Tal fator mede o efeito combinado de todas as variáveis inter-relacionadas de cobertura e manejo (WISCHMEIER, 1960; WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978). Demanda pesquisas para cada cultura e manejos específicos, o que consome tempo e recursos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Para Sloneker e Moldenhauer (1977), a porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelas restevas das culturas é fator fundamental na redução das perdas de terra por erosão hídrica. O principal objetivo da cobertura é o de proteger o solo dos impactos das gotas de chuva, reduzindo a desagregação do solo. Ademais, a cobertura atua na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, da capacidade erosiva da enxurrada. Essa redução da velocidade do escoamento superficial da água se dá pelo fato de que os resíduos, além de tornarem os caminhos a serem percorridos pelo fluxo tortuosos, servem também como uma barreira física, que impede o livre escoamento da água. Assim, a redução da capacidade erosiva será tanto maior quanto maior for a quantidade de

resíduos vegetais ou culturais na superfície (CARVALHO et al., 1990; LEVIEN et al., 1990; REICHERT; CABEDA, 1992; ANJOS et al., 1994; STEINER, 1994).

Segundo Cogo et al. (2003), a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais deixados na superfície tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva. Por consequência, há uma diminuição da desagregação das partículas e do selamento superficial do solo e um aumento na taxa de infiltração de água.

A quantidade de resíduos culturais remanescentes na superfície é modificada pelo tipo de implemento utilizado e a intensidade do preparo, onde esses resíduos podem ser incorporados total ou parcialmente, no caso do preparo convencional e do cultivo mínimo, respectivamente, ou mantidos sobre a superfície, no caso da semeadura direta (BERTOL et al., 1997; SCHICK et al., 2000).

2.2.5 Fator P

O fator P indica a eficiência das práticas conservacionistas no controle da erosão (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Estabelece a relação entre as perdas de terra de uma área na qual se utiliza uma prática conservacionista de suporte, com as de uma área com solo sem cobertura (parcela padrão), sem nenhuma dessas práticas (WISCHMEIER; SMITH, 1978; RENARD et al., 1991).

As práticas conservacionistas de suporte podem ser vegetativas (fator C), edáficas ou mecânicas (fator P). Compreendem, principalmente, o preparo e cultivo em contorno, o cultivo em faixas em contorno com rotação de culturas e o terraceamento. Estas práticas objetivam, sobretudo, reduzir a ação erosiva da enxurrada superficial, sendo complementares às práticas conservacionistas básicas, dadas pela cobertura e manejo do solo (fator C) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

2.3 SISTEMA DE MANEJO DO SOLO

O preparo do solo visa a melhoria das condições físicas e químicas da terra para garantir a germinação, o crescimento radicular e o estabelecimento da cultura (LAL, 2001).

Perdas de terra, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelos sistemas de manejo do solo (HERNANI et al., 1999).

A adoção de um sistema de manejo depende de uma série de fatores, tais como: a textura, a umidade do solo, a existência de camadas compactadas, pedregosidade e os riscos de erosão (BLANCO; LAL, 2008).

De maneira geral, os sistemas de manejo do solo são: preparo convencional (PC), que mediante o uso de arado provoca inversão de camadas do solo, e da grade tritura os torrões; preparo mínimo (PM), que consiste no uso de implementos sobre os resíduos da cultura anterior, com o mínimo revolvimento do solo, geralmente o escarificador, para romper crostras e pé de grade niveladora; e o plantio direto (PD), que é caracterizado pelo não revolvimento e cobertura permanente do solo, e pela rotação de culturas. Sendo os sistemas de manejos PM e, principalmente, o PD considerados conservacionistas.

2.3.1 Sistema PC

O PC consiste no revolvimento de camadas superficiais para, momentaneamente, reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos e, com isso, elevar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água. Esse processo facilita o contato entre o solo e a semente e o crescimento inicial das raízes das plantas. Além disso, o revolvimento do solo promove o corte e o enterro das plantas daninhas e auxilia no controle de pragas e patógenos do solo.

O PC é realizado, basicamente, em duas etapas: preparo primário e secundário. O preparo primário consiste na operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa afrouxar o solo, além de ser utilizada para incorporação de corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais e plantas daninhas ou para descompactação do solo. O preparo secundário consiste na operação de nivelamento da camada arada de solo, com gradagens do terreno. Como um dos objetivos do preparo do solo é também o controle de plantas invasoras, faz-se a última gradagem niveladora imediatamente antes do plantio.

No entanto, no PC os solos intensamente preparados, aliado ao grande número de operações, desenvolvem camadas compactadas, tanto em superfície

quanto em subsuperfície, com uma redução do volume de macroporos e aumento de microporos, o que implica na diminuição do volume de poros ocupados por ar e água da camada revolvida (BERTOL; SANTOS, 1995; BLANCO; LAL, 2008). Levam a degradação estrutural, com aumento da densidade e reduções do tamanho médio dos agregados, taxa de infiltração de água e desenvolvimento radicular das plantas (SILVA; MIELNICZUK, 1997). Em decorrência disso, observa-se uma diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com consequente aumento de escoamento superficial e de erosão hídrica (BERTOL et al., 1997; SCHICK et al., 2000).

2.3.2 Sistema PM

O PM consiste em um conjunto de operações mínimas de preparo do solo, efetuado em linha, resultado da busca por menores impactos ambientais, técnicas mais adequadas ao desenvolvimento das plantas, baixos custos operacionais, que permitam maior sustentabilidade dos plantios (GREENLAND, 1975). O sistema de cultivo mínimo se adequou a estas novas demandas, baseando-se num preparo de solo restrito às linhas ou covas de plantio mantendo os resíduos com intuito de racionalizar os recursos do solo. Nesse contexto, a produção e a qualidade do ambiente estão diretamente relacionadas à conservação do solo, diagnosticados por seus indicadores físicos, químicos e biológicos (CHRISTENSEN; MAGLEBY, 1983).

O PM, tendo a escarificação como uma das mais comuns e conhecidas, resulta em média a baixa extensão de superfície do solo trabalhada, em profundidade de preparo igual, ou até superior à do preparo convencional, e em médio a baixo grau de fragmentação do volume de solo mobilizado, com menor quebra mecânica dos agregados do solo. Isso faz com que esse método ainda apresente boa quantidade de resíduos culturais na superfície do solo e esta fique rugosa, com porosidade total da camada preparada variando de média a alta, exibindo uma superfície de solo parcialmente solta e parcialmente consolidada (não mobilizada), condições que, com o tempo, favorecem tanto a conservação do solo quanto da água (COGO et al., 1984; GILLES et al., 2009). Assim, apresenta resultados satisfatórios no controle da erosão.

No entanto, as porções da superfície mobilizadas e desprotegidas de resíduos culturais pelo efeito do preparo podem contribuir, expressivamente, para perdas por erosão hídrica (FOSTER et al., 1982).

2.3.3 Sistema PD

O PD é conceituado como um complexo de processos tecnológicos destinado à exploração de sistemas agrícolas produtivos, compreendendo mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies, via rotação e/ou consorciação de culturas. De acordo com Denardin et al. (2011), no início dos anos 2000, esse conceito foi ampliado, passando a incorporar o processo colher-semear, que representa a minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura, prática relevante para elevar o número de safras por ano agrícola e construir e/ou manter o solo fértil. Portanto, é sobre essa base conceitual que, na atualidade, o sistema PD é interpretado como ferramenta da conservação do solo e da agricultura conservacionista, capaz de induzir caráter de sustentabilidade à agricultura.

Ademais, a adoção de todas essas técnicas, em conjunto, nas lavouras brasileiras, vem garantindo a viabilidade dos cultivos, melhoria dos ecossistemas, pela maior infiltração de água no solo, e a redução de perdas ocasionadas pela erosão (SILVA et al., 2009).

De acordo com Huggins e Reganold (2008), os resíduos culturais que ficam na superfície do solo representam a essência do PD, com funções importantes, tais como: redução das perdas de terra e água pela erosão; diminuição do impacto da chuva, protegendo o solo contra compactação e desagregação de suas partículas; estabilização da temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos; manutenção da umidade do solo, reduzindo a evaporação (efeito mulch); reciclagem de nutrientes, assegurando alta atividade biológica; aumento da matéria orgânica no perfil do solo, melhorando a CTC, sua estrutura física e a sua qualidade química; auxílio no controle de plantas daninhas, tanto pela barreira física ou quanto pela liberação de substâncias alelopáticas.

Para Hernani et al. (2002), a cobertura permanente do solo deve ser enfatizada sob dois aspectos: cobertura vegetal viva, caracterizada pelo cultivo em

diferentes épocas do ano (se possível durante o ano todo) de culturas (comerciais, sempre que possível) que visem promover não apenas um rápido desenvolvimento de dossel dissipador de energia erosiva, mas também a exploração de maior volume de solo, mediante plantas de sistema radicular abundante e agressivo, que ativem mecanismos de alteração estrutural do solo, e; cobertura morta ou resíduo vegetal de culturas resultante de organizada conjunção de espécies vegetais comerciais e/ou, apenas na impossibilidade destas, de outras espécies que além das características acima descritas relativas ao sistema radicular possam formar e manter, por mais tempo possível, adequada quantidade e qualidade de palha sobre a superfície do solo.

Para que isso ocorra é preciso considerar dois outros aspectos não menos importantes, após a adoção do PD, respeitando os seus princípios básicos. Primeiro, deve-se evitar qualquer prática de preparo do solo, sob pena de acelerar a decomposição da cobertura vegetal e destruir o novo ambiente estrutural do solo (correções, cuja necessidade for comprovada, deverão ser realizadas sem quebrar a continuidade do processo de desenvolvimento desse ambiente). Segundo, deve-se ter plena consciência de que o PD não é simplesmente cultivar as mesmas espécies comerciais em sucessão a outras espécies que visam apenas produzir palha, ou seja, é preciso planejar a nova agricultura baseada na rotação de culturas e visualizar não apenas os efeitos econômicos das atividades integradas, mas, sobretudo, a melhoria contínua da qualidade da propriedade rural (solo e água) e do ambiente como um todo.

2.4 CONSIDERAÇÕES

Os problemas relacionados à degradação e erosão do solo têm sido alvo da mobilização de dirigentes do setor público e de grupos representativos da sociedade civil. Com isso, ao longo do tempo, foram desenvolvidos inúmeros estudos para melhor compreensão dos fatores responsáveis pelo processo de erosão, afim de que se possa ter um entendimento sobre o porquê de ela ocorrer e, dessa forma, poder adotar técnicas para o seu controle e para a conservação do solo.

Dentre essas pesquisas, a USLE se tornou o modelo mais utilizado para mensurar e avaliar as perdas de terra geradas pela erosão hídrica no Brasil. Procedimento que vem sendo realizado desde a década de 40.

Apesar de sua relativa robustez preditiva, a USLE é muitas vezes mal utilizada, gerando quantificações incorretas. Os problemas mais frequentes decorrem: da aplicação da equação em situações em que os fatores não podem ser determinados de forma segura; da sua aplicação em bacias complexas, usando valores médios de L e S; da utilização indiscriminada dos fatores C e P, sem considerar os limites de comprimento de rampa; e da utilização da equação em situações em que há voçorocas e deposição de sedimentos (WISCHMEIER, 1976).

Através dos conceitos desenvolvidos com a utilização da USLE a utilização de práticas e manejos com vista à conservação do solo foram desenvolvidas e difundidas entre os agentes sociais.

Entre as principais técnicas desenvolvidas para o adequado uso e manejo do solo, o Plantio Direto é o que melhor se alinha aos princípios da conservação do solo e da água. Além disso, é um dos sistemas de manejo que se adequam ao almejado desenvolvimento sustentável das atividades agropecuárias.

3 ARTIGO A

HISTÓRIA DE MARCOS INSTITUCIONAIS E DA PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NO BRASIL

3.1 RESUMO: A percepção do problema da erosão do solo, nas pesquisas brasileiras em ciências agrárias, vem sendo relatada desde o século XIX. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão histórica dos marcos institucionais que fomentaram as pesquisas em erosão do solo no Brasil e deram início às pesquisas agrícolas no país. Ao longo do século XIX e início do século XX, observa-se a criação de jardins botânicos, de instituições executivas, de institutos de pesquisa, de estações experimentais, de instituições de ensino e a criação e diversificação de periódicos de comunicação técnico-científica. Esses estabelecimentos atuaram, cada qual a sua maneira, nas pesquisas em erosão do solo no Brasil. No período Imperial (1808-1889), as discussões se concentravam no esgotamento do solo e na manutenção da fertilidade das terras agrícolas. Na Primeira República (1889-1930), com a criação de várias instituições de ensino e com a consolidação do Instituto Agrônomo nas pesquisas sobre a degradação dos solos, os estudos se concentraram na discussão sobre o depauperamento do solo, identificação dos principais fatores geradores do processo de erosão e nas medidas necessárias para o seu controle. No Estado Novo (1930-1945), foram desenvolvidas e disseminadas inúmeras práticas de conservação do solo com vista ao combate da erosão e foram implantados experimentos para medir o volume das perdas, principalmente, de terra e água por erosão hídrica. Na República Nova (1945-1964), experimentos foram instalados em praticamente todas as regiões do país. A conservação do solo e da água se consolidou como uma das principais áreas da Ciência do Solo no Brasil. Eventos científicos começaram a ser realizados sobre a temática. A Pós-Graduação foi instituída no país. No Regime Militar (1964-1985), muitas instituições de pesquisa e ensino foram criadas e os trabalhos experimentais foram intensificados. Nesse período, o processo de erosão do solo atingiu patamares alarmantes e o Plantio Direto foi desenvolvido no país. Atualmente, os estudos seguem em diversas linhas de pesquisas, tratam-se de trabalhos interinstitucionais e interdisciplinares, que integram os estudos de manejo e conservação do solo à sustentabilidade.

Palavras-chaves: Ciência. Historiografia. Degradação do solo. Conservação do solo.

ABSTRACT: The perception of the problem of soil erosion in agricultural sciences research in Brazil, has been reported since 19th century. The aim of this study was to perform a historical review of the institutional landmarks with fostered the first studies in soil erosion and established in the the beginning of agricultural research in Brazil. Throughout the 19th century and beginning of the 20th century was observed the creation of botanical gardens, executive institutions, research institutes, experimental stations, agricultural sciences educational institutions and the creation and diversification of scientific journals. These entities served, each one in its own way, in research on soil erosion in Brazil. In the Imperial period (1808-1889) the discussions focused on soil degradation and on maintenance of agricultural land fertility. In the First Republic period (1889-1930), with the creation of various educational institutions and the consolidation of research on soil degradation at the Agronomic Institute, studies have focused on discussion of soil depletion, identification of the major factors causing soil erosion and on the necessary measures for its control. In the New State period (1930-1945), were developed and disseminated a large number of soil conservation practices in order to fight erosion as well as, field experiments were implanted to measure the amount of losses, mainly of soil and water, by hydric erosion. In the New Republic period (1945-1964), experiments were conducted in all the regions of the country. Enabled to consolidate, soil and water conservation as one of the main areas of Soil Science in Brazil. Then, scientific events began to be conducted on the subject. Was launched the post-graduation in the country. In the Military Regime period (1964-1985), many research and educational institutions were created, the experimental studies were intensified and, coincidentally, it was during this period that the process of soil erosion has reached alarming levels and that the no-till started to be developed. Currently, the studies follow in several research lines, several of them being inter-institutional and interdisciplinary studies integrating management and conservation of soil to sustainability.

Keywords: Science. Historiography. Land degradation. Soil conservation.

3.2 INTRODUÇÃO

Desde o descobrimento do Brasil, em 1500, os recursos naturais do país, dentre eles o solo, despertam a cobiça do homem. As florestas foram devastadas e as terras nuas foram utilizadas para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, dando início a um longo processo de uso e exploração destas.

O desmatamento (derrubada-queimada) das florestas brasileiras e o uso inconsequente do solo, com o passar do tempo, acarretaram a redução da fertilidade das terras e contribuíram para o surgimento e o agravamento do processo de erosão do solo, principalmente nas regiões sul e sudeste, com atividades agrárias intensas.

Mesmo com o desenvolvimento de novas tecnologias incorporadas à agricultura, a erosão do solo não se fez superar. Pelo contrário, à incorporação de novas áreas agrícolas e a intensificação das atividades agropecuárias no país, com

vista ao lucro imediato, levaram à degradação dos solos a escalas cada vez mais preocupantes².

A busca por lucros imediatos, a incapacidade do produtor em reconhecer as práticas conservacionistas de uso e manejo do solo como essenciais às suas atividades e a falta de interesse do governo em implementar políticas públicas de incentivo a conservação deste recurso natural são, em parte, responsáveis pela continuidade, em muitas regiões do país, de um ciclo de perpetuidade do processo de erosão do solo. Mesmo porque, a reforma de hábitos em uma sociedade, bem como as modificações em seus costumes, até se consagrar uma nova convenção, é um processo lento que nem sempre consegue romper por completo com os paradigmas³.

Ao longo da história das pesquisas sobre a erosão do solo no Brasil, fatos marcantes ganham importância para o entendimento da evolução das questões ligadas a esse fenômeno. No entanto, poucos trabalhos apresentam uma perspectiva histórica nessa temática (BARRETO et al., 2008; 2009; FARIAS, 2010; CAMARGO et al., 2010). Questões básicas como quando e por que se começou a estudar a erosão do solo no país não se encontram relatadas a contento na literatura.

As atividades de pesquisa agrícola sobre o manejo e a conservação dos solos, com destaque aos estudos sobre erosão, encontram-se dispersas na história. Desde a criação dos institutos brasileiros de pesquisa agrícola, muito foi feito, mas para que possa ocorrer uma evolução na forma de pensar esse tema, é de grande importância resgatar sua história.

Esse resgate histórico das pesquisas em erosão do solo pode mostrar a evolução do uso e manejo da terra, bem como as transformações na relação homem-solo. Pode indicar como essa questão foi tratada ao longo do tempo nas diferentes esferas da vida social (centros de pesquisa e academia, governo e sociedade). Para tanto, é necessário resgatar os marcos da Ciência do Solo e da História da Ciência no Brasil.

² As vantagens conquistadas com os ciclos econômicos das monoculturas são um fenômeno que explicam sobremaneira as transformações que contextualizam e, em última instância, determinam a dinâmica dessa trajetória.

³ Como aqueles relacionados ao processo de erosão do solo.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão histórica dos marcos institucionais que fomentaram as pesquisas em erosão do solo no Brasil, e deram início as pesquisas agrícolas no país.

3.3 A CIÊNCIA E A EROÇÃO DO SOLO NO INÍCIO DAS PESQUISAS AGRÍCOLAS NO BRASIL: DO FINAL DO PERÍODO COLONIAL AO IMPERIAL (1808-1889)

Motoyama (1985), ao referenciar os principais marcos históricos em ciência e tecnologia no Brasil, relata que nos três séculos que se passaram depois do descobrimento do Brasil, nenhum acontecimento significativo foi registrado em favor do desenvolvimento da ciência ou da tecnologia (C&T) no país. Assim, enquanto nos países do “centro” (principalmente França e Inglaterra) as C&T avançavam de modo marcante, encontrando os seus espaços na vigorosa ascensão do capitalismo na época, elas marcavam passo no território brasileiro sob o implacável jugo da metrópole portuguesa. Assim, de um lado, bem de acordo com a característica de ser uma colônia de exploração exarcebada pela escravatura, formou-se uma radicação prático-imediatista, enquanto, de outro lado, a separação do saber do fazer moldava uma cultura retórico-literária.

Dantes (2005) destaca que apenas no final do século XVIII, período de difusão das idéias iluministas, Portugal empenhou-se em incorporar práticas científicas em suas políticas coloniais. Foram realizadas expedições que, além de cumprirem objetivos militares, permitiram o levantamento dos recursos naturais brasileiros. Medida esta que visava contribuir para a revitalização da exploração colonial. Entre os mecanismos pelos quais as atividades científicas foram se implantando em território brasileiro, destacam-se a contratação de ilustrados brasileiros no levantamento de recursos minerais e a implantação de jardins botânicos para o incentivo à produção agrícola.

Os jardins botânicos também ocuparam um papel de grande importância nas políticas coloniais. Em um período em que plantas e sementes tinham grande valor econômico, cabia aos jardins recolher plantas de interesse e realizar experimentos agrícolas, sendo o Jardim Botânico do Rio de Janeiro o mais importante deles (BEDIAGA, 2007; SANJAD, 2006, 2010).

Na transição do período colonial para o Império, a economia brasileira ainda se pautava nas atividades agrícolas. O sistema agrícola alicerçado

no trabalho escravo, na grande propriedade e na monocultura, apresentava sérios problemas (FURTADO, 2007). Entre eles, a perspectiva de substituição do trabalho escravo por outras formas de exploração (uso de imigrantes estrangeiros como mão-de-obra) e a falta de conhecimento levou os agricultores da época a grandes perdas na produção por adotarem práticas de uso da terra que deterioravam e exauriam o solo. Produtores brasileiros, inicialmente os de cana no Nordeste e depois, os cafeicultores fluminenses, foram responsáveis por uma história melancólica de depauperamento do solo, que se constitui em ameaça ao desenvolvimento e sustentabilidade das atividades agropecuárias durante o século XIX (RODRIGUES, 1987a).

Em função de uma série de problemas ligados à degradação das terras agrícolas e por pressão da aristocracia rural, na década de 1860, o governo Imperial iniciou um processo de revitalização da agricultura por meio da criação da Secretaria de Agricultura, do Comércio e Obras Públicas e dos Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura (DANTES, 2005). Nesse contexto, o problema da erosão do solo, se constitui como um dos panos de fundo da evolução do quadro institucional das ciências agrárias no seu primeiro momento no Brasil.

Na historiografia das ciências agrárias brasileira, identifica-se a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, da Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, do Imperial Instituto Bahiano de Agricultura (IIBA), do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura (IIFA), do Imperial Instituto Pernambucano de Agricultura (IIPA), Imperial Instituto Sergipano de Agricultura (IISA), Imperial Instituto Rio-grandense de Agricultura (IIRA) e a Imperial Estação Agronômica de Campinas (ALBUQUERQUE et al., 1986; RODRIGUES, 1987a). Além desses, escolas superiores de agricultura e universidades também desempenharam papel preponderante no desenvolvimento e na consolidação da área no decorrer do século XX.

3.3.1 Jardim Botânico do Rio de Janeiro (1808)

O primeiro marco institucional da pesquisa agrícola no Brasil foi a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, inicialmente chamado de Real Horto, em 13 de junho de 1808. Uma iniciativa de D. João VI, na primeira década do século XIX.

Além de ter por objetivo uma alternativa de lazer público, desenvolveu um trabalho fundamental para o avanço dos conhecimentos agrônômicos no Brasil. A princípio, nele se estudaram, em conjunto, as questões de ciência e os problemas técnicos das atividades agrícolas. Mantinha coleções de plantas vivas, herbário e laboratórios para análise e pesquisa de problemas agrônômicos e florestais (LAVÔR, 1983).

3.3.2 Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas (1860).

Na década de 1860, após a constatação de inúmeros problemas agrícolas, entre eles a deterioração do solo, o governo Imperial iniciou um processo de revitalização da agricultura (RODRIGUES, 1987a). Para tanto, uma de suas primeiras medidas foi a criação, em 28 de julho de 1860, pelo Decreto n.º 1.067, da Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas.

Essa medida, em parte, demonstra a importância econômica do setor agropecuário para o país nesse período e a importância do desenvolvimento de novas estratégias na condução das políticas agrícolas.

3.3.3 Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura

Embora o marco inicial das ciências agrônômicas no Brasil tenha sido a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em 1808, ao longo do período colonial e das primeiras décadas do Império, não se observou avanço significativo que, pelo menos, refletisse os grandes progressos da institucionalização da ciência verificados na Europa, em pleno século XIX. Somente depois de 50 anos de instalação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, quando se esboçaram as primeiras crises da economia escravista mercantil, em decorrência das flutuações de preço dos principais produtos exportados, da falta de crédito e da aceleração do processo de libertação dos escravos, surgiram os decretos de criação dos Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura. Foram cinco institutos, localizados na Bahia, no Rio de Janeiro, em Pernambuco, em Sergipe e no Rio Grande do Sul, além da Imperial Estação Agrônômica de Campinas.

O IIBA foi criado pelo Decreto n.º 2.500, de 1 de novembro de 1859, por ocasião da visita de D. Pedro II à Bahia naquele mesmo ano. Tal fato precedeu e possibilitou o surgimento da Imperial Escola Agrícola da Bahia, em 1875, com o intuito de solucionar problemas de mão-de-obra, capital e atraso tecnológico no que se referia à produção agrícola brasileira, que se via em crise em virtude da retração do mercado internacional e da conseqüente diminuição do preço pago pelo açúcar nacional. Também, tinha por incumbência introduzir máquinas e instrumentos agrícolas e estudar, através de comissões técnicas, as causas permanentes ou transitórias da decadência da agricultura, animando-as por meio de prêmios e facilitando o transporte e a venda dos produtos agrícolas.

Além disso, o IIBA era pressionado pela aristocracia rural – que se constituía a classe dominante –, alarmada com a crise que lhe atingia, principalmente na lavoura canavieira, base do seu interesse no Nordeste. Os proprietários de engenhos de açúcar localizados no recôncavo, alguns dos quais titulares do Império, alegavam que os motivos da decadência da lavoura eram a deficiência de crédito rural e dos institutos de proteção aos produtos. Além da falta de técnicos ou profissionais capazes de instruir os trabalhadores nos métodos há muito instituídos em outros países.

O IIPA teve vida efêmera, sabendo-se, apenas, que teria adquirido uma fazenda para realizar trabalhos experimentais com a cana-de-açúcar e, possivelmente, um engenho-modelo. A última notícia sobre o IIPA é de que foi fundado e organizado pelos Decretos n.º 2.516 e 2.517, de 23 de dezembro de 1859, mas que não conseguira entrar em atividade.

O IISA foi criado pelo Decreto nº 2.521, de 20 de janeiro de 1860. Representou uma tentativa de modernização das práticas agrícolas e o estabelecimento do ensino agrícola no estado de Sergipe. A entidade nunca chegou a funcionar efetivamente.

O IIRA, criado pelo Decreto n.º 2.816, de 14 de agosto de 1861, também não chegou a ser implantado de fato.

O IIFA foi criado pelo Decreto n.º 1.681, de 03 de outubro de 1860. Na primeira reunião da diretoria, realizada um mês depois, foi discutida a conveniência de incorporar o Jardim Botânico do Rio de Janeiro ao IIFA, em vista da afinidade que existia entre as funções das duas instituições. Uma solicitação foi encaminhada ao Imperador, que prontamente acatou o pedido, desde que fosse

preservada uma das funções do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que era a de servir à população como área de lazer (SILVA, 1870).

A base física era totalmente aproveitada para a condução dos seguintes trabalhos: (a) construção de viveiros de plantas destinados à produção de mudas para serem distribuídas aos agricultores, bem como a produção de sementes; (b) introdução de animais de diversas espécies melhoradas com o fim de desenvolver os rebanhos do país; (c) áreas pilotos para testes de equipamentos e máquinas agrícolas; (d) ensaios e experimentos com as principais plantas cultivadas e gramíneas forrageiras; e (e) ensaios de irrigação.

Entre as contribuições do IIFA, tem-se conhecimento de trabalhos de introdução e seleção de variedades de plantas cultivadas, a exemplo da cana-de-açúcar e da batata-inglesa. Sabe-se, também, de ensaios com forrageiras nativas e exóticas, tais como aveia, trigo de Nápoles, aveia preta e gigante da Califórnia, utilizadas na preparação de feno de superior qualidade. Outra pesquisa interessante foi o estudo comparativo do teor nutritivo de gramíneas jaraguá, colômbio, gordura, angola e outras em relação à alfafa.

A seleção de animais e o melhoramento de pastagens estavam nas diretrizes do IIFA, que vislumbrava a possibilidade de transformar os terrenos de várzeas alagadiças da província em pastagens exuberantes para a exploração bovina. Merecem destaque, também, os trabalhos experimentais de fertilização do solo (adubo orgânico), multiplicação assexuada de plantas por meio de estacas, em estufa. Relatam-se, também, experiências que reduzem o tempo de germinação das sementes como as do bacuri.

Entre os serviços prestados aos agricultores, sobressai-se a distribuição de sementes e mudas de café, cacau, cana-de-açúcar, trigo, sorgo, arroz, lúpulo, algodão, plantas frutíferas e ornamentais. Entre os beneficiados, fazendeiros não apenas do Rio de Janeiro, como também das províncias de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Em certos dias da semana, o IIFA promovia treinamentos de manejo de arado, grade e outros instrumentos agrícolas que eram fabricados na sua oficina e vendidos aos interessados. Destaque-se, também, o laboratório de química, que atendia às análises de solos e de plantas.

De todas as realizações do IIFA, talvez a criação de uma revista trimestral tenha sido a mais importante, não apenas para orientar os fazendeiros, como também para registrar os primeiros conhecimentos de cunho científico do país.

A Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura (RAIFFA) teve o seu primeiro número publicado em setembro de 1869. Entre os diversos artigos e comentários sobre lavoura, como o caso do desgaste do solo, existia uma seção de informações gerais e outra de economia e negócios onde se informavam preços dos produtos nos mercados externo e interno, notas sobre o câmbio e movimento de ações dos bancos.

A RAIFFA divulgava relatórios de pesquisa, artigos técnicos, noticiário geral e instruções técnicas para o cultivo de plantas, manejo do solo e criação de animais. É interessante notar que essas instruções tinham a estrutura praticamente igual às que atualmente se publicam, ou seja, cobrindo todas as partes que compõem os sistemas de produção, desde o preparo do solo até a colheita e, em certos casos, com indicação de consorciação.

Diante de tamanha crise da grande lavoura, explica-se a preocupação com o componente econômico, que vez por outra era privilegiado na análise de alguns autores, como Campos (1884), quando se referia à finalidade da agricultura, na página de economia rural da RAIFFA. Na maior parte das vezes, publicavam-se, sucessivamente, indicações úteis para o entendimento do impacto das perdas de terra, causadas pelas águas das chuvas às culturas. Além disso, contribuiu para por abaixo o paradigma vigente de fertilidade permanente do solo sem intervenções, por meio da publicação de conhecimentos técnicos e científicos, além de focalizar outros assuntos de interesse do agricultor com a pretensão de animar a produção agrícola e pecuária nacional.

3.3.4 Imperial Estação Agronômica de Campinas

Criada em 1887, e organizada definitivamente em 1890, a Imperial Estação Agronômica de Campinas teve vida curta como "imperial", passando para a esfera estadual pelo Decreto 707, de 8 de janeiro de 1892, transformando-se, depois, no Instituto Agronômico de Campinas, respeitável instituição de pesquisa que prevalece até os dias atuais.

O primeiro diretor da Estação foi o químico austríaco Franz Josef Wilhelm Dafert. A sua contribuição técnico-científica⁴ inclui estudos sobre economia

⁴ Outras informações podem ser consultadas em Camargo et al., 2010.

rural, composição química e adubação do cafeeiro, composição química das gramíneas forrageiras, adubação da cana-de-açúcar, conservação do esterco de curral, controle da saúva e secamento do café.

É interessante salientar o empenho da instituição, desde os seus primórdios, em informar os agricultores sobre os resultados de suas pesquisas e prestar-lhes serviços diversos, como a análise de terra, adubos, sementes, forragens, matérias-primas e produtos industriais. O Boletim da Estação Agronômica de Campinas foi editado a partir de 1889, e os relatórios anuais eram publicados regularmente desde 1888, marco do primeiro ano das atividades.

Embora as atividades de pesquisa agropecuária no Brasil tivessem início a partir de 1860, com a fundação dos Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura, é importante registrar que as contribuições de caráter mais científico e estudos sistematizados tiveram início com o IAC.

3.3.5 Primeiras Escolas Agrícolas

A primeira escola agrícola brasileira foi a Imperial Escola Agrícola da Bahia, criada por meio do Decreto nº 5.957, de 23 de junho de 1875. Durante o Império foi também criada a Imperial Escola de Medicina Veterinária e de Agricultura Prática, em 29 de dezembro de 1883, em Pelotas. No entanto, a mesma teve suas atividades paralisadas em 1885, por decisão de Antônio da Silva Prados, Secretário de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas. Após 1887, retoma suas atividades como Liceu de Agronomia, Artes e Ofícios (posteriormente denominada Liceu Rio-Grandense de Agronomia e Veterinária).

3.4 A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NA PRIMEIRA REPÚBLICA (1889-1930)

A modernização da economia agroexportadora se iniciou em meados de 1870, com a introdução da mão-de-obra livre, que substituiu, progressivamente, o trabalho servil até a abolição da escravatura (CARDOSO; FALETTO, 1975).

A introdução do trabalho livre na economia cafeeira resultou em maior divisão social do trabalho e fortalecimento dos núcleos de industrialização que se esboçavam nos centros urbanos. Desta forma, como explica Furtado (2007), a

monetarização da economia abriu novas perspectivas de mercado para bens de consumo e produção, tais como: ferramentas e implementos agrícolas, antes importados. Mas é engano pensar que a aristocracia agrária estaria alijada completamente da nova aliança de forças surgida da Proclamação da República. É verdade que do ponto de vista político houve uma preocupação de desbancar dos seus postos os representantes do antigo regime, bem como desestruturar instituições que lhes eram afetas. O Ministério da Agricultura foi extinto em 1892, transformado em simples diretoria do Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas. Tiveram o mesmo fim os Imperiais Institutos Brasileiros de Agricultura, que desapareceram ou passaram por crises sucessivas até a primeira década deste século, quando se fez sentir uma reação da oligarquia agrária que foi retomando o seu poder no esquema de forças do qual, a rigor, jamais estivera definitivamente afastada (RODRIGUES, 1987b).

O espaço deixado pelas instituições agrícolas foi parcialmente ocupado pela Sociedade Nacional de Agricultura, fundada em 1897 sob a égide dos ideais republicanos. Inspirada no modelo de sua homônima francesa, logo tomou a iniciativa de criar uma revista especializada em assuntos de agricultura, "A Lavoura", e instalar um campo experimental em uma fazenda em Jacarepaguá.

Nesse período, o problema da erosão passou a ser tratado como uma questão de perda de fertilidade do solo, que poderia ser recuperada com o uso de insumos.

Outro ponto marcante da época foi a criação de inúmeras escolas de agricultura, que visavam à formação de profissionais para atuar nos problemas ligados à degradação e fertilidade dos solos. Em 1889, foi criada a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); em 1901 a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ); em 1908 a Escola Superior de Agricultura de Lavras, atual Universidade Federal de Lavras (UFLA); em 1926, a Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), atual Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A ESALQ, já em 1909, cria o periódico intitulado "O Solo", que em seus primeiros números publicou textos tratando de temas ligados à erosão do solo. Em 1926, lança outra publicação, "Revista de Agricultura", que também publicou importantes estudos tratando da erosão, entre os quais pode-se destacar o de

Mendes (1928), que tratava da erosão das terras nos cafezais do estado de São Paulo.

O problema da erosão dos solos nos cafezais, nessa época, contribuiu fortemente para a decadência de lavouras cafeeiras em várias regiões do Brasil. Isso porque a cafeicultura brasileira era caracterizada pelo nomadismo e por uma agricultura de exploração (MARQUES, 1951b). Como a economia brasileira na Primeira República estava pautada, principalmente, na cafeicultura, grande importância foi dada ao tema e investimentos foram realizados para o desenvolvimento de técnicas de controle da erosão, dando os primeiros passos em direção a um movimento conservacionista no país.

3.5A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NO ESTADO NOVO (1930-1945)

A base institucional para execução das políticas de ciência e tecnologia no Brasil somente começou a ser criada após a Revolução de 1930, quando se alterou o padrão de acumulação da economia brasileira, com a crescente ênfase na industrialização interna, ao mesmo tempo em que mudava a relação de forças dentro dos grupos sociais e políticos dominantes (SANTOS, 1989).

Para Carvalho (1992), essa forte industrialização trouxe como consequência a urbanização do país e tornou necessária uma maior oferta de alimentos que, aliada à contínua necessidade de obtenção de divisas decorrentes do aumento das exportações agrícolas, fez com que o governo adotasse uma política agressiva de modernização de suas estruturas administrativas, mediante a criação de departamentos, institutos, fundações e empresas públicas e fez com que a pesquisa agrícola fosse se adaptasse às novas políticas governamentais, obtendo novas cultivares a partir do tipo de solo existente.

Em 1938, foi criado pelo Decreto n.º 982, de 23 de dezembro de 1938, o Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (CNEPA). Foi um grande marco do intervencionismo estatal no campo da investigação científica. Com o CNEPA, concretiza-se a articulação da pesquisa e experimentação agrícolas com o ensino agrônomo em seus diferentes níveis de especialização, coordenada por um único organismo (RODRIGUES, 1987c).

O CNEPA era formado pela Escola Nacional de Agronomia, Instituto de Química Agrícola, Instituto de Ecologia Agrícola, Instituto de Experimentação

Agrícola, o Instituto de Óleos, o Instituto de Fermentação, a Escola Nacional de Veterinária e uma rede de Institutos Agronômicos regionais. Em 1943, o CNEPA foi reestruturado passando a contar com o Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA), que tinha por finalidade coordenar e dirigir as pesquisas agronômicas no país. O SNPA conseguiu consolidar o sistema federal de pesquisas através de uma administração centralizada e da regionalização das ações de execução, que foi possível graças à política de intervencionismo estatal prevalecente no Estado Novo.

Foi nesse período, com as quedas de produção nos cafezais, que se intensificou a preocupação com os problemas advindos da erosão do solo. Inúmeras publicações, nas várias regiões do país, tratavam do tema, alertando os agentes sobre os efeitos da erosão nas terras agrícolas.

Entre esses estudos podemos destacar os das “Notas Agrícolas”, publicadas pela Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, que apresentaram textos como, “Os efeitos da erosão” em 1934; “A erosão das terras”, em 1939; “Os danos causados pela erosão do solo” em 1941. Em “O Solo”, foram publicados “A erosão e seus efeitos”, por Fonseca Filho (1934).

Outro marco importante para a divulgação de pesquisas em erosão do solo foi à criação da “Revista Ceres”, pela ESAV (atual UFV), em 1939. Entre 1939 e 1945 foram publicados vários artigos sobre o tema, entre eles, destacam-se o de Freitas (1940), o de Marques (1941; 1943a; 1943b) e o de Resende (1943).

Nesse período, Abramides Neto e Borgonovi (1941), publicaram um texto sobre a importância do terraceamento no controle à erosão, prática de grande importância, que se consolidou na conservação dos solos brasileiros⁵. Ademais, foi nessa época que João Quintiliano de Avelar Marques começou a tratar da questão da conservação dos solos no país.

Marques (1941, 1943a, 1943b) apresentou os moldes do Serviço de Conservação do Solo nos Estados Unidos e apresentou uma proposta para o Brasil, sendo responsável por desenvolver e organizar as primeiras estações experimentais de conservação de solo e água.

⁵ No entanto, em meados da década de 1990, a confiança na eficiência do SPD para controlar perdas geradas pela erosão, levou muitos agricultores (inclusive por indicação técnica) a retirarem parcial ou totalmente os terraços, supondo, empiricamente, que o problema da erosão estava solucionado.

3.5.1 Início dos Estudos Experimentais em Erosão do Solo no Brasil

Em 1942, foi criada na ESAV (atual UFV), uma Estação Experimental de Conservação de Solos (MARQUES, 1943b), onde foram instalados os primeiros coletores de enxurrada, em parcelas experimentais, destinados a medir as perdas de terra e água advindas do processo de erosão hídrica.

Em 1943, foi criada e organizada a Seção de Conservação do Solo do IAC. Ao longo da década de 1940, mais de 40 talhões experimentais, com a finalidade de avaliar os impactos da erosão, foram instalados nos municípios de Campinas, Pindorama, Mococa e Ribeirão Preto.

Além desses, a Divisão de Conservação de Solos, Irrigação e Drenagem, do estado de Minas Gérias, instalou talhões no Horto Florestal de Belo Horizonte. Ainda nesse período, fomentado pelo Ministério da Agricultura, foi implantado, também no estado de Minas Gerais, parcelas de erosão nas estações experimentais de Sete Lagoas, Água Limpa e Lavras.

Por iniciativa privada, na cidade de Pesqueiro, em Pernambuco, também foram instaladas parcelas experimentais munidas de coletores de material erodido.

3.6 A PESQUISA EM EROSIÃO DO SOLO NA REPÚBLICA NOVA (1945-1964)

Nesse período, duas instituições tiveram papel decisivo nas pesquisas em erosão do solo, o IAC e o SNPA. O IAC, por meio da Sessão de Conservação do Solo, tratava do assunto de forma mais pontual, enquanto o SNPA criou uma Comissão de Solos.

A Sessão de Conservação de Solo do IAC se utilizava da rede de estações experimentais para colher informações sobre perdas de terra e água por erosão, para o desenvolvimento de pesquisas de base para o levantamento e planejamento conservacionistas. Se tornou a instituição com maior tradição em pesquisas na temática, e a única a realizar pesquisas sistêmicas e contínuas desde a década de 40. Concentrava esforços no conhecimento das práticas conservacionistas recém-desenvolvidas de controle de erosão, como terraceamento, métodos de cultivo e propriedades de diferentes culturas no controle da erosão.

Os principais estudos foram publicados na *Bragancia*, periódico científico do IAC, com grande influência. A revista foi criada em 1941 e se tornou um dos principais meios de divulgação das pesquisas em conservação do solo no país.

As pesquisas publicadas nesse período apresentavam os dados obtidos nas parcelas de erosão com as perdas de terra e água em função das várias práticas conservacionistas que estavam sendo desenvolvidas naquela época (MARQUES; BERTONI, 1961; MARQUES et al., 1961).

Na década de 50, talhões experimentais foram instalados na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP). Cesar e Manfrinato (1954), desenvolveram, em 6 talhões, estudo sobre o efeito da vinhaça na erodibilidade do solo.

Outro marco institucional, decisivo para a pesquisa em erosão do solo, foi a criação, após a realização do 1º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS), no Rio de Janeiro, em 20 de dezembro de 1947, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Em princípio, as atividades da SBCS se concentravam principalmente na realização do CBCS, ocasião em que eram apresentados os resultados de pesquisas e debatidos os principais problemas e desafios relacionados aos solos brasileiros. Para maior divulgação de suas diretrizes, em 1976, a SBCS criou o Boletim Informativo da SBCS e, em 1977, a *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, que se tornou um dos principais meios para publicação das pesquisas em erosão do solo no Brasil.

Na década de 60, surgiram os cursos de pós-graduação na área de ciências agrárias, na UFV e na ESALQ. A partir desse acontecimento, parte das pesquisas, inclusive sobre a erosão do solo, passaram a ser realizadas nas universidades, pelos programas de pós-graduação. A atuação conjunta dessas instituições possibilitou grande desenvolvimento as pesquisas agrícolas no país.

3.7 A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NO REGIME MILITAR (1964-1985)⁶

No Regime Militar, a expansão do sistema capitalista no Brasil acontece mediante um novo padrão de acumulação, privilegiando a indústria que se torna o centro dinâmico da economia. O quadro conjuntural da absoluta prioridade para o setor produtor de bens de produtos, bens de consumo não-duráveis e bens de consumo duráveis (RODRIGUES, 1987c)

No espaço rural, esta produção industrial adquiriu a forma dos pacotes tecnológicos da Revolução Verde. No entanto, o pacote tecnológico da revolução verde, baseado na monocultura e na mecanização intensiva do solo, levou agricultores a utilizarem esse recurso natural de forma inadequada, gerando um intenso processo de degradação das terras agrícolas no país.

Com o agravamento da erosão do solo no Brasil, ao longo das décadas de 70 e 80, talhões experimentais foram instalados no Distrito Federal e nos estados do Ceará, Mato Grosso do Sul, Paraná, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para o desenvolvimento de pesquisas sobre práticas de preparo e manejo do solo.

Na década de 70, no estado do Paraná se fez sentir o aumento drástico dos danos causados pela erosão do solo, evidenciando a necessidade de se adotar técnicas mais eficientes para o seu controle. A partir disso, foi implantado o Plantio Direto (PD).

O PD foi estabelecido no Brasil no Paraná em meados dos anos 70. Em 1972, foram criados o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e iniciadas as pesquisas com PD.

Em julho de 1975, por meio de seu programa de conservação de solos, em Londrina, no Encontro Nacional de Pesquisa da Erosão com Simuladores de Chuvas, foram criadas as diretrizes modernas para uma consciência conservacionista. Nesse encontro, foi exaltada a eficiência do sistema de PD no controle da erosão (SILVA et al., 2009).

A eficiência foi possível, visto que o PD abrange um complexo de processos que compreendem a mobilização de solo apenas na linha ou cova de

⁶ A partir desse período, visto que existem outros trabalhos tratando direta ou indiretamente desse assunto, como os de Barreto et al. (2008, 2009), Silva et al. (2009), Farias (2010), Derpsch et al. (2010) e Camargo et al. (2010), optou-se por uma abordagem mais sucinta.

semeadura, a manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies, via rotação e/ou consorciação de culturas.

Nesse contexto, de acordo com Barreto et al. (2008), a partir do final da década de 1970, o IAC continuou mantendo presença institucional significativa, mas a produção de outros centros de pesquisa passou a ter uma importância relativa maior no conjunto, principalmente de instituições da região Sul do país, como a UFRGS e o IAPAR, marcando, definitivamente, os dois pólos geográficos mais representativos quantitativamente em produção de pesquisa brasileira em erosão do solo.

A partir de 1970, firmou-se como núcleo de referência no tema a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com produção crescente e com maior acúmulo de artigos publicados em erosão acelerada do solo. Na década de 1980, são definitivamente determinados os dois polos geográficos mais representativos em produção científica sobre erosão acelerada do solo, ou seja, a pesquisa conduzida pela região Sudeste, representada pelo IAC e posteriormente pela USP, UNESP e por grande parte das unidades da Embrapa; e a pesquisa conduzida na região Sul, representada principalmente pela UFRGS, IAPAR, UFSM e UDESC, dominaram amplamente o conjunto da produção científica brasileira na temática erosão e conservação do solos (BARRETO et al., 2009).

Durante toda a década de 1980, a UFRGS realizou trabalhos focados na comparação de práticas de manejo e tipos de cobertura vegetal, objetivando avaliar a influência dessas nas perdas de terra e de água.

3.8A PESQUISA EM EROÇÃO DO SOLO NA NOVA REPÚBLICA (1985-DIAS ATUAIS)

O avanço científico-tecnológico, por um lado, aumentou a produtividade da terra, do trabalho e do capital mas, por outro, ainda hoje, em função do uso intensivo e inadequado dos recursos naturais, tem levado ao esgotamento e à degradação do solo.

Entre 1985 e os dias atuais, no Brasil, muitas inovações foram realizadas em relação às práticas conservacionistas de manejo do solo. O PD se consagrou como um sistema eficiente no controle da erosão, o que propiciou o surgimento e o desenvolvimento de inúmeras políticas públicas focadas na implantação e na ampliação desta técnica em todo o território nacional.

Os Institutos de Pesquisas e as Universidades passaram a atuar em conjunto na execução de projetos, sendo que esses tem adquirido cada vez mais o caráter de interinstitucionalidade e interdisciplinaridade. Além disso, a pós-graduação tem possibilitado maior aporte de recursos aos centros de pesquisa e maior diversificação na temática de estudos em erosão do solo.

Segundo Barreto et al. (2009), embora os trabalhos com a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) continue dominando a produção de artigos na década de 1990 e sendo muito representativa nos dias de hoje, a partir dos anos 90, começam a ser estudados outros modelos de predição de erosão, como o modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) e do Césio 137, além de métodos qualitativos para elaboração de índices que permitem estimar a quantidade de erosão.

No século XXI importância tem sido dada a trabalhos que relacionam a erosão do solo aos escopos ambiental, econômica, política e social. Além disso, com base nos conhecimentos adquiridos, o conceito de PD foi ampliado, passando a incorporar o processo colher-semear, que representa a minimização ou supressão do intervalo de tempo entre esses processos, prática relevante para elevar o número de safras por ano agrícola, construir e/ou manter solo fértil e controlar de forma cada vez mais efetiva os efeitos da erosão do solo. É sobre essa base que, na atualidade, o PD é interpretado como ferramenta da conservação do solo (DENARDIN et al., 2011).

Assim, no momento atual da pesquisa em erosão do solo no Brasil, onde já existem inúmeros resultados experimentais obtidos em várias partes do país, alguns publicados, outros não, muitos dispersos e desconhecidos, a preocupação deveria ser em reunir as informações existentes.

Ademais, é necessário que os agentes atuantes na conservação do solo e da água conjuguem ainda mais esforços para a implantação e implementação de políticas públicas ligadas ao controle da erosão, por meio, principalmente, do estímulo à adoção do PD, que já possui uma área plantada com o sistema de mais de 25,5 milhões de ha (DERPSCH et al., 2010), para que assim a agricultura brasileira se alinhe cada vez mais ao desenvolvimento sustentável.

3.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Já no século XIX é possível localizar documentos onde constam relatos sobre a preservação dos recursos naturais e aos meios a serem empregados, visando o manejo e a conservação do solo, afim de controlar o processo de erosão do solo.

2. No período Imperial, as discussões se concentravam no esgotamento do solo e na manutenção da fertilidade das terras agrícolas.

3. Na Primeira República, com a criação de várias instituições de ensino e com a consolidação do Instituto Agrônomo nas pesquisas sobre a degradação dos solos, os estudos se concentraram na discussão sobre o depauperamento do solo, identificação dos principais fatores geradores do processo de erosão e nas medidas necessárias para o seu controle.

4. No Estado Novo foram desenvolvidas e disseminadas inúmeras práticas de conservação do solo, como a implantação de terraços e do plantio em nível, com vista ao combate da erosão. Além disso, foram implantados os primeiros experimentos para medir o volume das perdas de terra e água por erosão hídrica.

5. Na República Nova, experimentos foram instalados em praticamente todas as regiões do país. A conservação do solo e da água se consolidou com uma das principais áreas da Ciência do Solo no Brasil. Eventos científicos começaram a ser realizados sobre a temática. Ademais, foi instituída a Pós-Graduação no país.

6. No Regime Militar, muitas instituições de pesquisa e ensino foram criadas, os trabalhos experimentais intensificados, nesse período o processo de erosão do solo atingiu patamares alarmantes e o Plantio Direto foi desenvolvido.

7. Atualmente, após mais de 70 anos de levantamentos, os estudos seguem em diversas linhas de pesquisas, tratam-se de trabalhos interinstitucionais e interdisciplinares, que integram os estudos de manejo e conservação do solo à sustentabilidade

8. A evolução do uso e manejo da terra, bem como as transformações na relação homem-solo, mostram que o problema da erosão do solo movimentou todas as esferas da vida social, tanto pública quanto privada (centros de pesquisa e academia, governo e sociedade), e que entre as tecnologias

desenvolvidas para o controle da erosão do solo, o mais eficiente foi (e continua sendo) o PD.

9. Ao longo da história, fica claro que a criação de instituições de pesquisa, ensino e extensão foram (e continuam sendo) de grande importância no desenvolvimento dos conhecimentos acerca dos problemas da erosão do solo no Brasil e dos mecanismos para o seu controle.

4 ARTIGO B

A PESQUISA EM EROSÃO DO SOLO NO BRASIL

4.1 RESUMO: O preparo intensivo do solo tem sido uma das principais causas da degradação das terras agrícolas no Brasil, expressa fundamentalmente pela erosão hídrica. A erosão do solo gera perdas de terra, água, nutrientes e matéria orgânica, tendo por consequência a redução da capacidade produtiva das terras agrícolas. Na busca de melhor conhecer e combater a erosão do solo, na década de 40 iniciaram-se os estudos experimentais com a instalação dos primeiros coletores de enxurrada, destinados a medir as perdas de terra e água advindas deste fenômeno. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi sistematizar informações sobre perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil com base em revisão de pesquisas experimentais realizadas com chuva natural, e desenvolver uma discussão em torno dos sistemas de manejo do solo. Os resultados mostram de um lado que, em sistemas naturais ou em função de diferentes práticas conservacionistas e sistemas de manejo, como o PD, as perdas por erosão podem ser nulas, e de outro que, as perdas anuais em sistemas que não respeitam os limites de tolerância de perdas de solo por erosão, podem chegar a 344,8 t ha⁻¹ de terra e 598,7 mm de água, ao ano, em solo sem cobertura. Ademais, através desse levantamento bibliográfico, verifica-se que ainda é necessário o desenvolvimento de novos (e a continuidade dos já existentes) experimentos para se avaliar o impacto das diferentes práticas conservacionistas em sistemas de manejo (principalmente o PD, que estabelece novos paradigmas à agricultura brasileira), que visam minimizar os danos gerados pela erosão do solo, em diferentes culturas, tipos de solos e regiões do país onde esses levantamentos são incipientes ou inexistentes.

Palavras chave: Talhão experimental. Chuva natural. Sistemas de manejo do solo. Perda de terra. Perda de água.

ABSTRACT: The intensive soil tillage has been one of the main causes of the deterioration of agricultural land in Brazil, fundamentally expressed by water erosion. Soil erosion generates losses of soil, water, nutrients and soil organic matter, having as consequence the reduction of the productive capacity of agricultural land. Looking for a better understanding and ways to fight soil erosion, in the 1940s experimental studies have been started with the installation of the first collectors of rainfall runoff process, aimed to measure the soil and water losses resulting from the erosive process. In this context, the objective of this study was to systematize information about soil and water losses by water erosion in Brazil, based on a comprehensive review of experimental studies carried out with natural rainfall, and develop a discussion concerning soil management systems. The results show, on the one hand, that in natural systems or due to different conservation practices and management systems, such as no-till, erosion losses can be null. On the other hand, they show those annual losses in systems which do not respect the soil erosion tolerance limits, can reach, yearly, 344.8 t ha⁻¹ of soil and 446.7 mm of water in soil without cover. The literature review suggests that development of new experiments, as well as maintaining the existing ones, is still necessary to assess the soil and water losses of different conservation practices in agricultural production systems, especially the no-till, which establishes a new paradigm to Brazilian agriculture. These research activities have to focus on evaluation of damages caused by soil erosion in different crops, types of soil and regions of the country where these surveys are incipient or inexistent.

Keywords: Runoff plots. Natural rainfall. Soil management systems. Soil loss. Water loss.

4.2 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo é um fenômeno natural. Ocorre em função do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, resultando na desagregação de suas partículas, no transporte pela água da enxurrada e na deposição do material erodido. A ação antrópica, associada ao manejo inadequado do solo, acelera esse processo, gerando grandes prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

A magnitude da erosão acelerada resulta da interação entre o clima, o solo, a topografia, a cobertura e o manejo do solo e as práticas conservacionistas (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Além disso, é consenso que o desmatamento indiscriminado, o uso da terra além da aptidão agrícola, a ausência de planejamento e de práticas conservacionistas e os manejo e preparo inadequados do solo estão entre os principais fatores determinantes da erosão e da degradação do solo.

O preparo intensivo do solo tem sido uma das principais causas da degradação das terras nos ambientes subtropicais e tropicais brasileiros. Seus efeitos são sentidos, principalmente, pelas perdas de terra e água, resultando em redução do teor de matéria orgânica e da capacidade produtiva das terras agrícolas.

Na busca de melhor conhecer e combater o processo de erosão do solo, em 1942 foram instalados, na Escola Superior de Agricultura e Veterinária do Estado de Minas Gerais (ESAV), hoje Universidade Federal de Viçosa (UFV), os primeiros coletores de enxurrada, destinados a medir as perdas de terra e água advindo deste fenômeno. No entanto, foi em 1943, em Campinas, no Instituto Agrônomo (IAC), que as pesquisas em erosão e conservação do solo, com base experimental, se consolidaram. Nessa década talhões experimentais para tal finalidade foram instalados nos municípios de Campinas, Pindorama, Mococa e Ribeirão Preto.

Pouco depois, a Divisão de Conservação de Solos, Irrigação e Drenagem, do estado de Minas Gerais, instalou talhões no Horto Florestal de Belo Horizonte. Ainda nesse período, fomentado pelo Ministério da Agricultura, foi implantado, também no estado de Minas Gerais, parcelas de erosão nas estações experimentais de Sete Lagoas, Água Limpa e Lavras.

Na década de 50 talhões experimentais foram instalados na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP).

Além desses, talhões experimentais foram implantados, ao longo das décadas de 70 e 80, no Distrito Federal e nos estados do Ceará, Mato Grosso do Sul, Paraná, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

No Estado de São Paulo, essas pesquisas possibilitaram estimar que a perda anual devido à erosão, na década de 90, era de aproximadamente 194 milhões de toneladas de terras férteis e de 48,5 milhões de toneladas na forma de sedimentos, causando assoreamento e poluição dos recursos hídricos (BELLINAZZI JÚNIOR et al, 1981). Bertolini et al. (1993), também com base nos dados experimentais, verificaram que eram perdidos em torno de 10 kg de terra para cada quilo de soja e 12 kg de terra para cada quilo de algodão produzidos no Estado de São Paulo.

No Estado do Paraná, o IAPAR, estimou perdas de terra de 15 a 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ em áreas intensivamente mecanizadas (DERPSCH, 1991).

Para o Brasil, na década de 40, a Seção de Conservação do Solo, atual Centro de Solos e Recursos Ambientais, do IAC, estimou que eram perdidos por erosão laminar cerca de 500 milhões de toneladas de terra ao ano (MARQUES, 1960). Mais recentemente, Hernani et al. (2002) estimaram as perdas anuais de terra em áreas ocupadas por lavouras e pastagens, no Brasil, em 822,7 milhões de toneladas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi sistematizar informações sobre perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil com base em revisão de pesquisas experimentais realizadas com chuva natural, e desenvolver uma discussão em torno do desempenho dos sistemas de manejo do solo quanto à proteção contra a erosão.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração desta pesquisa se fez a partir do conjunto de dados publicados sobre erosão do solo no Brasil, em periódicos científicos nacionais e internacionais, até o ano de 2010. Utilizou-se do levantamento bibliográfico para levantar, agrupar e revisar o conjunto de informações acumulado nesta área.

No processo de revisão da literatura para sistematização dos resultados produzidos nas pesquisas de base experimental com chuva natural, foram selecionados artigos que apresentaram dados de perdas de terra e água por erosão no Brasil.

Nesta etapa foram consultadas bases de dados como o Portal de Periódicos da Capes, JSTOR, SciVerse, SEER e Web of Knowledge do Instituto Thomson Reuters. Além disso, através do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) foram levantados periódicos brasileiros da área de Ciências Agrárias nos quais poderiam constar publicações a serem utilizadas na pesquisa⁷.

Alguns destes estudos, embora se enquadrassem no escopo deste estudo, foram excluídos, pois apresentavam os resultados em forma de gráficos, e os dados não constavam de forma completa e precisa no corpo do texto, o que inviabilizou a extração dos resultados.

⁷ Embora se tenha buscado realizar o levantamento bibliográfico da forma mais ampla possível, trabalhos que poderiam ter sido utilizados para qualificar o tema podem não constar deste estudo.

Dos estudos efetivamente selecionados, foram levantadas informações sobre a cobertura do solo, local e período do experimento, tipo de solo, precipitação, sistema de manejo e perdas de terra e água.

O local onde foram realizados os experimentos foi apresentado por unidade da federação e com o período de cada pesquisa.

Quanto à cobertura do solo, estas foram classificadas por tipos de culturas, pastagem, mata nativa e solo descoberto. Nas culturas, as informações sobre o sistema de cultivo foram agrupadas em contínuo, rotação ou sucessão; e as práticas conservacionistas em plantio em nível, plantio morro abaixo, plantio em sulco, faixas de retenção, cordões em contorno, cobertura com palha, com enterrio da palha, com palha na superfície, enleiramento permanente e vegetação permanente. Já as pastagens foram classificadas em nativas e cultivadas.

Quanto ao tipo de solo, para facilitar a comparação dos resultados obtidos nos diferentes estudos, esses foram nomeados seguindo o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006).

As informações sobre a declividade foram apresentadas com base no valor utilizado para o cálculo das perdas de terra e água. Isso porque em alguns casos, os cálculos de perdas de terra e água, coletados em parcela experimental com declividade e, ou, comprimento de rampa diferentes daqueles da parcela padrão (WISCHMEIER; SMITH, 1958, 1978), foram ajustados para a declividade de 9%. Essa situação foi indicada nas tabelas de dados.

As perdas de terra, apresentadas em toneladas por hectare ano ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) e as de água, apresentadas em milímetros ao ano (mm ao ano) foram classificadas em três sistemas de manejo: preparo convencional (PC), preparo mínimo (PM) e plantio direto (PD).

Vale lembrar que os talhões experimentais dos diferentes estudos tinham tamanhos diversos e foram preparados e cultivados utilizando desde enxada e enxada de forma manual até maquinários de alta tecnologia, sendo esses classificados em PC, PM e PD, retratando o mais fidedignamente possível as informações contidas nos manuscritos. Isso foi feito, pois de outra forma não seria possível desenvolver uma síntese dos dados obtidos ao longo da história.

Assim, de forma geral, o PC consistiu desde o uso de enxada e enxada (prática considerada convencional antes do pacote da “Revolução Verde”), aração e gradagens com tração animal até o conjunto da aração mais duas

gradagens mecânicas; o PM consistiu basicamente de uma escarificação mais uma gradagem; e o PD da sementeira direta, em suas diferentes gradações.

Os dados, na grande maioria dos casos, foram compilados e organizados em tabelas para a melhor visualização e para posterior discussão do conjunto dos resultados.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que, no Brasil, os estudos foram realizados em quatro das cinco regiões do país: Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, e se concentram no Distrito Federal e nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraíba e Pernambuco.

As classes de solos, representativas destas pesquisas, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006), são: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Húmico e Neossolo Litólico. A ordem dos Latossolos abrange 31,49% do território brasileiro, a dos Argissolos 26,84%, a dos Neossolos 13,18% e a dos Cambissolos 5,26% (SANTOS et al., 2006). Portanto, os estudos em erosão do solo no Brasil, de modo geral, dão uma representatividade de 76,77% dos solos do país.

O período de experimentação destas pesquisas apresentou grande variação, indo desde a duração de um ciclo da cultura (ELTZ, 1977; 1984a; 1984b) a 16 anos (MARQUES et al., 1961). As pesquisas publicadas, que apresentaram resultados de experimentos com maior duração foram realizadas no IAC (MARQUES et al., 1961; MARQUES; BERTONI, 1961; DE MARIA, LOMBARDI NETO, 1997).

Os resultados foram avaliados por cultura, tipo de solo e sistema de manejo.

4.4.1 Culturas Anuais

4.4.1.1 Soja

Na Tabela 4.1 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a soja como cobertura.

Tabela 4.1 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a soja como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de água (mm ao ano)			Referências
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Soja (R)	SP	1943 a 1959	PV Ae	12	1105,6 ⁽²⁾	24,1 4	-	-	74,8 8	-	-	Marques et al. (1961)
Soja (R)	SP	1944 a 1959	LV df	9,9	1203,3 ⁽²⁾	3,94	-	-	20,7 0	-	-	Marques et al. (1961)
Soja (C)	SP	1944 a 1959	LV df	9,9	1203,3 ⁽²⁾	0,93	-	-	9,45	-	-	Marques et al. (1961)
Soja (R)	SP	1945 a 1959	PV Ae	9,4	1347 ⁽²⁾	24,7 5	-	-	144, 07	-	-	Marques et al. (1961)
Soja (C)	SP	1945 a 1959	PV Ae	9,4	1347 ⁽²⁾	33,9 1	-	-	202, 07	-	-	Marques et al. (1961)
Soja (S)	RS	1975 a 1976	PV d	12	1190,1 ⁽²⁾	0,10	0,02	-	1,57	0,40	-	Eltz et al. (1977)
Soja (S)	RS	1976 a 1977	PV d	12	1733,3 ⁽²⁾	2,33	0,83	0,1 9	17,8	8,4	5,2	Saraiva et al. (1981)
Soja (S)	RS	1975 a 1980	PV d	12	1259,6 ⁽²⁾	16,3 3	9,84	6,4 0	17,7 8	19,10	10,5 4	Eltz et al. (1984a)
Soja (S)	RS	1978 a 1982	PV Ad	9	1650,9 ⁽²⁾	19,5 6	-	6,9 8	80,1 5	-	69,9 2	Eltz et al. (1984b)
Soja (S)	RS	1994 a 1996	LV df	3,5	1593,2 ⁽²⁾	0,54	1,31	0,4 3	21,1 0	14,05	17,3 0	Cogo et al. (2003)
Soja (S)	RS	1994 a 1996	LV df	6,5	1593,2 ⁽²⁾	5,74	2,13	0,4 6	27,8 5	23,90	20,7 0	Cogo et al. (2003)
Soja (S)	RS	1994 a 1996	LV df	9,5	1593,2 ⁽²⁾	6,46	2,01	0,6 9	14,3 0	14,80	21,4 0	Cogo et al. (2003)
Soja (R)	PE	1969 a 1978	RL e	12	630,1	-	-	1,7 8	-	-	-	Margolis et al. (1985)
Soja (C)	DF	1979 a 1985	LV a	5,5	1600	8,33	-	4,2 5	161, 33	-	182, 67	Dedecek et al. (1986)
Soja (C)	DF	1985 a 1986	LV a	5,5	922,60	6,21	-	5,7 2	112, 20	-	88,4 0	Dedecek (1989)
Soja (R)	SC	1989 a 1991	CH d	9 ⁽¹⁾	1506,2	0,25	0,50	0,1 5	19,7 1	50,69	33,0 9	Bertol (1994)
Soja (S)	SC	1992 a 1998	CH a	9 ⁽¹⁾	1472 ⁽²⁾	6,52	4,80	1,8 2	-	-	-	Bertol et al. (2001)
Soja/Soja (R)	SC	1993 a 1998	CH a	10,2	1600	0,87	0,90	0,2 0	34,7 0	34,85	6,30	Schick et al. (2000)
Soja/Feijã	SC	1993 a	CH	10,2	1600	1,65	0,39	0,1	176,	130,05	88,2	Schick et al.

o (R)		1998	a					8	25		5	(2000)
Soja/Milh	SC	1993 a	CH	10,2	1600	3,42	3,35	2,1	109,	62,15	66,8	Schick et al.
o (R)		1998	a					0	80		5	(2000)
Soja/Soja	SC	1993 a	CH	10,2	1600	1,25	0,80	0,2	78,2	36,25	7,70	Schick et al.
(S)		1998	a					6	0			(2000)
Soja/Feijã	SC	1993 a	CH	10,2	1600	2,30	0,62	0,2	199,	133,60	79,1	Schick et al.
o (S)		1998	a					2	95		0	(2000)
Soja/Milh	SC	1993 a	CH	10,2	1600	6,23	5,78	2,2	259,	117,00	61,5	Schick et al.
o (S)		1998	a					4	75		5	(2000)
Soja/Trigo	MS	1988 a	LV	3	1350	5,12	2,86	0,6	106,	72,50	19,8	Hernani et al.
(S)		1994	df					1	3		0	(1999)

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento. C – contínuo. R – rotação. S – sucessão. CHa – Cambissolo Húmico aluminico. CHd – Cambissolo Húmico distrófico. LVa – Latossolo Vermelho álico. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. PVAd – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. PVd – Argissolo Vermelho distrófico. RLe – Neossolo Litólico eutrófico.

As pesquisas tendo a soja como cobertura do solo abordaram diferentes sistemas de produção: contínuo, rotação e sucessão. Foram realizados em Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo do Rio Grande do Sul; Cambissolo Húmico de Santa Catarina; Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo de São Paulo; Latossolo Vermelho do Mato Grosso do Sul; Latossolo Vermelho do Distrito Federal; e Neossolo Litólico de Pernambuco.

Os estudos considerados nesse levantamento bibliográfico tiveram o tempo de experimentação entre um ciclo da cultura e 16 anos.

Na cultura da soja as maiores perdas de terra ($33,91 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foram observadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo, com 9,4% de declividade, no PC, preparado com enxada e enxadão (MARQUES et al., 1961), e as perdas de água ($259,75 \text{ mm ao ano}$), em um Cambissolo Húmico distrófico de Santa Catarina, com 5,5% de declividade, no PC (SCHICK et al., 2000). Em ambos os casos, tal ocorrência está associada à ausência de cobertura, ao alto índice de precipitação média anual (1347 e 1600 mm , respectivamente), ao tipo e ao preparo do solo, o que gera desagregação, compactação e selamento superficial, tendo por consequência limitações nas condições de infiltração da água.

Em contrapartida, as menores perdas de terra ($0,02 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e de água ($0,40 \text{ mm ao ano}$) ocorreram em um Argissolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul, com 12% de declividade, no PM, em sistema de sucessão (ELTZ et al., 1977). Essas perdas, quando comparadas às demais, podem ser explicadas pelo menor revolvimento da terra, à permanência de resíduos vegetais sobre o solo e pelo fato dos dados expressarem resultados apenas de um ciclo da cultura.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, no PC variaram de 0,1 em um Argissolo Vermelho distrófico, a 33,91 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico; no PM de 0,02 a 9,84 em um Argissolo Vermelho distrófico; e no PD, de 0,15 em um Cambissolo Húmico distrófico a 6,98, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os resultados indicam, de forma geral, que o PD é o sistema de manejo que melhor controla as perdas de terra, apresentando menor amplitude entre os menores e maiores valores de perdas de terra (PC>PM>PD), e que essas perdas estão diretamente relacionadas ao tipo de solo, pois fica evidente a menor suscetibilidade dos Latossolos à erosão, quando comparados aos Argissolos.

Já as perdas de água, em mm ao ano, no PC variaram de 1,57, em um Argissolo Vermelho distrófico, a 259,75, em um Cambissolo Húmico distrófico; no PM de 0,40 em um Argissolo Vermelho distrófico, a 133,60, em um Cambissolo Húmico distrófico; e no PD de 5,29, em um Latossolo Vermelho distroférico, a 182,67, em um Latossolo Vermelho álico. Nesse caso, os resultados mostram que as perdas de água foram menores no PM, sistema que apresentou menor amplitude entre o valor mínimo e máximo (PC>PD>PM), o que pode ser explicado provavelmente pela moderada destruição dos agregados e razoável manutenção dos restos de cultura sobre o solo que podem melhorar as condições de infiltração da água, rugosidade e aumento da porosidade. Além disso, o menor valor em PM refere-se a dados de apenas um ciclo da cultura.

A perda média de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, nos sistemas de manejo, foi de 7,86 no PC, 2,41 no PM e 1,93 no PD (PC>PM>PD). Em relação às perdas de água, em mm ao ano, verificou-se média de 85,91 no PC, 51,27 no PM e 48,67 no PD (PC>PM>PD).

Com relação ao tipo de solo, no Latossolo Vermelho, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) variaram de 0,54 a 8,33 no PC, de 1,31 a 2,86 no PM e de 0,43 a 5,72 no PD; e as perdas de água (mm ao ano) de 9,45 a 161,33 no PC, de 14,8 a 72,5 no PM e de 17,3 a 182,67 no PD. No Argissolo Vermelho-Amarelo as perdas de terra variaram de 19,56 a 33,91 no PC, e foi de 6,98 no PD; e as de água de 74,88 a 202,07 no PC, e foi de 69,92 no PD. Em Argissolo Vermelho, as perdas de terra variaram de 0,1 a 16,33 no PC, de 0,02 a 9,84 no PM, de 0,19 a 6,4 no PD; e as de água de 1,57 a 17,78 no PC, de 0,40 a 19,10 no PM e

de 5,20 a 10,54 no PD. No Cambissolo Húmico as perdas de terra variaram de 0,25 a 6,52 no PC, de 0,39 a 5,78 no PM e de 0,15 a 2,24 no PD; e as de água de 19,71 a 259,75 no PC, de 34,85 a 133,60 no PM e de 6,30 a 88,25 no PD. No Neossolo Litólico houve apenas um trabalho (MARGOLIS et al., 1985), onde foi observado perda de terra no PD de 1,78 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Em todos os estudos levantados, as perdas de terra no PD foram menores independentemente do tipo solo. No entanto, o PM em alguns casos apresentou valores superiores àqueles do PC (BERTOL, 1994; SCHICK et al., 2000; COGO et al., 2003). Com relação as perdas de água, nem sempre o PD apresentou as menores perdas, em dois casos ela foi maior (67,88% e 49,65%, respectivamente) que no PC (BERTOL, 1994; COGO et al., 2003), e em um caso foi 23,13% maior que PM (COGO et al., 2003). O PM também apresentou valores maiores que o PC em alguns estudos (ELTZ et al. 1984a; BERTOL, 1994; SCHICK et al., 2000; COGO et al., 2003) . Esses resultados reforçam o menor controle dos sistemas de manejo conservacionista (PM e PD) nas perdas de água quando comparadas as perdas de terra.

4.4.1.2 Milho

Na Tabela 4.2 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o milho como cobertura.

Tabela 4.2 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o milho como cobertura

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referências
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Milho (C)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	19,61	-	-	70,69	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (R)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	21,5	-	-	84,25	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Esterco	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	4,39	-	-	33,5	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Feijão	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	16,6	-	-	62,94	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PE)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	8,03	-	-	37,19	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PS)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	9,94	-	-	40,19	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (PQ)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁴⁾	22,33	-	-	83,75	-	-	Marques et al. (1961)

Milho (C)	SP	1944 a 1959	LVdf	9,9	1203,3 ⁽¹⁴⁾	0,84	-	-	8,28	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (R)	SP	1944 a 1959	LVdf	9,9	1203,3 ⁽¹⁴⁾	1,36	-	-	11,97	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (R)	SP	1954 a 1959	LVdf	9,9	1237,0 ⁽¹⁴⁾	0,13	-	-	2,42	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Feijão	SP	1944 a 1954	LVdf	9,9	1186,5 ⁽¹⁴⁾	0,28	-	-	5,90	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Feijão (R)	SP	1954 a 1959	LVdf	12,8	1237,0 ⁽¹⁴⁾	1,16	-	-	4,68	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PE)	SP	1943 a 1954	LVdf	9,9	1186,5 ⁽¹⁴⁾	0	-	-	4,3	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PS)	SP	1943 a 1954	LVdf	9,9	1186,5 ⁽¹⁴⁾	0	-	-	3,0	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (C)	SP	1954 a 1959	LVdf	9,9	1237,0 ⁽¹⁴⁾	0,42	-	-	6,22	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (R)	SP	1954 a 1959	LVdf	9,9	1237,0 ⁽¹⁴⁾	1,22	-	-	11,48	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (C)	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	11,96	-	-	89,43	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (R)	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	17,60	-	-	140,71	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Esterco	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	6,74	-	-	64,14	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Feijão	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	12,63	-	-	113,93	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PE)	SP	1945 a 1954	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	9,81	-	-	95,71	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PS)	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁴⁾	2,87	-	-	41,43	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (C)	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁴⁾	17,18	-	-	87,17	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Esterco	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁴⁾	7,71	-	-	58,08	-	-	Marques et al. (1961)
Milho + Mucuna (PE)	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁴⁾	25,67	-	-	119,75	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (PE)	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁴⁾	29,77	-	-	130,17	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (PQ)	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁴⁾	26,23	-	-	118,58	-	-	Marques et al. (1961)
Milho (C)	SP	1944 a 1957	PVAe	10,8	1117,0 ⁽¹⁴⁾	16,7	8,3	-	61,43	45,79	-	Marques e Bertoni (1961)
Milho (C)	SP	1973 a 1976	PVAe	6,3	1139,0 ⁽¹⁴⁾	40,94	-	13,39	143,68	-	95,80	Benatti et al. (1977)
Milho (C)	SP	1973 a 1976	LVdf	10,8	1347,0 ⁽¹⁴⁾	3,11	-	2,50	35,75	-	35,85	Benatti et al. (1977)
Milho (EC) ⁽¹⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	29,4	-	-	140,08	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (EC) ⁽²⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	28,1	-	-	141,39	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (EC) ⁽³⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	9,6	-	-	94,26	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (EC) ⁽⁴⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	5,3	-	-	54,98	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (MA) ⁽⁵⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	3,1	-	-	19,64	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (MA) ⁽⁶⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	1,2	-	-	10,47	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (MA) ⁽⁷⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	1,0	-	-	11,78	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (EN) ⁽⁸⁾	SP	1979 a 1980	LVdf	12,8	1309,2 ⁽¹⁴⁾	1,2	-	-	11,78	-	-	Dechen et al. (1981)
Milho (C) (MA)	SP	1979 a 1982	LVdf	6,5	1429,9 ⁽¹⁴⁾	3,01	1,64	-	30,08	17,05	-	Castro et al. (1986a)
Milho (C) (EN)	SP	1980 a 1985	PVAe	10,8	1392,5 ⁽¹⁴⁾	49,81	25,42	-	211,57	127,33	-	Castro et al. (1986a)

Milho (C) (MA) (PE)	SP	1973 a 1985	LVdf	9,9	1400,0	9,0	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PS)	SP	1973 a 1985	LVdf	9,9	1400,0	2,1	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PQ)	SP	1973 a 1985	LVdf	9,9	1400,0	12,6	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (MA) (PE) ⁽⁹⁾	SP	1973 a 1985	LVdf	9,9	1400,0	8,30	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (MA) (PE) ⁽¹⁰⁾	SP	1973 a 1985	LVdf	9,9	1400,0	6,1	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PE)	SP	1973 a 1985	PVAe	12	1260,0	38,9	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PS)	SP	1973 a 1985	PVAe	12	1260,0	11,2	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PQ)	SP	1973 a 1985	PVAe	12	1260,0	47,1	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (MA) (PE) ⁽¹⁰⁾	SP	1973 a 1985	PVAe	12	1260,0	14,7	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PE)	SP	1973 a 1985	PVAe	9,4	1580,0	53,2	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA) (PS)	SP	1973 a 1985	PVAe	9,4	1580,0	7,4	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (MA) (PE) ⁽¹⁰⁾	SP	1973 a 1985	PVAe	9,4	1580,0	21,0	-	-	-	-	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Milho (C) (MA)	PE	1970 a 1975	PVAe	12	1124,5 ⁽¹⁴⁾	3,0	-	-	40,39	-	-	Margolis (1978)
Milho (C) (AC)	PE	1970 a 1975	PVAe	12	1124,5 ⁽¹⁴⁾	1,17	-	-	30,82	-	-	Margolis (1978)
Milho (C) (EN)	PE	1970 a 1975	PVAe	12	1124,5 ⁽¹⁴⁾	1,17	-	-	25,61	-	-	Margolis (1978)
Milho (C) (FR) (VP)	PE	1970 a 1975	PVAe	12	1124,5 ⁽¹⁴⁾	0,99	-	-	23,95	-	-	Margolis (1978)
Milho (R) (FR)	PE	1970 a 1975	PVAe	12	1124,5 ⁽¹⁴⁾	1,89	-	-	29,20	-	-	Margolis (1978)
Milho (MA)	PE	1969 a 1979	RLe	12	630,1	0,53	-	-	13,72	-	-	Margolis et al. (1985)
Milho (EN)	PE	1969 a 1979	RLe	12	630,1	0,34	-	-	10,97	-	-	Margolis et al. (1985)
Milho (EN) (AC)	PE	1969 a 1979	RLe	12	630,1	0,09	-	-	5,08	-	-	Margolis et al. (1985)
Milho (EN) (FR)	PE	1969 a 1979	RLe	12	630,1	0,36	-	-	4,52	-	-	Margolis et al. (1985)
Milho	PE	1978 a 1985	PVAe	4	922,4	1,99	0,35	0,11	76,84	54,03	44,24	Nunes Filho et al. (1987)
Milho (EN)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	1,84	-	-	85,80	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho + Feijão (EN)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	4,24	-	-	103,46	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho + Feijão (EN) (RC)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	0,29	-	-	49,95	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho (ES) (SC) (EN)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	1,74	-	-	77,68	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho + Feijão (ES) (SC) (EN)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	2,38	-	-	89,91	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho + Feijão + Algodão (EN)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	0,48	-	-	71,13	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho+ Feijão + Algodão (EN) (RC)	PE	1980 a 1987	PVAe	4	930,6	0,37	-	-	53,17	-	-	Nunes Filho et al. (1990)
Milho + Feijão	PE	1986 a 1987	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁴⁾	0,95	-	-	59,58	-	-	Souza et al. (1997)
Milho + Feijão (RC – 12 x 1 m)	PE	1986 a 1987	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁴⁾	2,10	-	-	81,05	-	-	Souza et al. (1997)
Milho + Feijão (RC – 12 x 2 m)	PE	1986 a 1987	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁴⁾	1,56	-	-	75,52	-	-	Souza et al. (1997)
Milho + Feijão (RC – 18 x 1 m)	PE	1986 a 1987	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁴⁾	0,59	-	-	62,89	-	-	Souza et al. (1997)

Milho + Feijão (RC – 18 x 2 m)	PE	1986 a 1987	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁴⁾	1,10	-	-	62,42	-	-	Souza et al. (1997)
Milho (EN) (PL) (PQ)	MG	1966 a 1972	LVA	18,75 ⁽¹³⁾	1191,00 ⁽¹⁴⁾	20,62	-	-	224,49	-	-	Silva e Vieira (1972)
Milho + Feijão-de-porco (PE)	MG	1966 a 1972	LVA	18,75 ⁽¹³⁾	1191,00 ⁽¹⁴⁾	33,00	-	-	256,58	-	-	Silva e Vieira (1972)
Milho (PE)	MG	1966 a 1972	LVA	18,75 ⁽¹³⁾	1191,00 ⁽¹⁴⁾	27,07	-	-	221,25	-	-	Silva e Vieira (1972)
Milho (EN) (PL)	MG	1966 a 1972	LVA	18,75 ⁽¹³⁾	1191,00 ⁽¹⁴⁾	1,63	-	-	105,58	-	-	Silva e Vieira (1972)
Milho (S)	RS	1976 a 1977	PVd	12	1733,3 ⁽¹⁴⁾	8,72	-	0,21	49,4	-	7,8	Saraiva et al. (1981)
Milho (S) (MA)	RS	1975 a 1980	PVd	12	1259,6	20,11	-	2,80	28,55	-	13,32	Eltz et al. (1984a)
Milho (S)	RS	1978 a 1981	PVAd	9,0	1650,9	24,73	-	5,76	152,57	-	83,16	Eltz et al. (1984b)
Milho + Mucuna cinza (EN) (PS)	RS	1993 a 1995	PVAd	6 ⁽¹²⁾	1862,8	-	-	1,08	-	-	28,02	Seganfredo et al. (1997)
Milho + Feijão-de-porco (EN) (PS)	RS	1993 a 1995	PVAd	6 ⁽¹²⁾	1862,8	-	-	1,06	-	-	28,12	Seganfredo et al. (1997)
Milho ⁽¹¹⁾	RS	1993 a 1995	PVAd	6 ⁽¹²⁾	1862,8	-	-	5,44	-	-	195,49	Seganfredo et al. (1997)
Milho (C)	DF	1979 a 1984	LVa	5,5	1610 ⁽¹⁴⁾	28,83	-	-	255,17	-	-	Dedecek et al. (1986)
Milho (C)	DF	1985 a 1986	LVa	5,5	922,6 ⁽¹⁴⁾	8,56	-	-	114,40	-	-	Dedecek (1989)
Milho	SC	1989	CHd	8,5 ⁽¹³⁾	702 ⁽¹⁴⁾	6,975	-	-	94,07	-	-	Bertol e Miquelluti (1993)
Milho	SC	1992 a 1998	CHa	9 ⁽¹²⁾	787 ⁽¹⁴⁾	3,42	3,35	2,10	-	-	-	Bertol et al. (2002)
Milho/Soja (R)	SC	1999 a 2001	CHa	9 ⁽¹²⁾	1600	0,94	0,23	0,06	58,2	20,0	7,7	Guadagnin et al. (2005)
Milho (EN)	PB	1981	PVe	12	845,1 ⁽¹⁴⁾	26,19	-	-	182,3	-	-	Silva et al. (1985)
Milho (MA)	PB	1981	PVe	12	845,1 ⁽¹⁴⁾	26,06	-	-	158,05	-	-	Silva et al. (1985)
Milho + Feijão (EN)	PB	1981	PVe	12	845,1 ⁽¹⁴⁾	6,22	-	-	49,21	-	-	Silva et al. (1985)
Milho (C) (EN)	PB	1981 a 1983	PVe	12	-	10,89	-	-	93,5	-	-	Silva et al. (1986)
Milho + Feijão (EN)	PB	1981 a 1983	PVe	12	-	13,00	-	-	105,3	-	-	Silva et al. (1986)
Milho (EC) (MA)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁴⁾	5,1	-	-	8,0	-	-	Andrade et al. (1999)
Milho (EC) (EN)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁴⁾	1,1	-	-	4,4	-	-	Andrade et al. (1999)
Milho (EN)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁴⁾	1,6	-	-	4,8	-	-	Andrade et al. (1999)
Milho (EN) (FR)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁴⁾	0,3	-	-	1,4	-	-	Andrade et al. (1999)

(1) Após labelabe. (2) após crotalária. (3) após mucuna preta. (4) após capim-gordura. (5) após labelabe/cana-de-açúcar. (6) após *Brachiaria decumbens*. (7) após soja perene/*Brachiaria decumbens*. (8) após grama batatais. (9) aps soja. (10) após pasto. (11) após pousio. (12) declividade ajustada. (13) declividade média. (14) Precipitação média durante o período do experimento. AC – alternância de capinas. C – contínuo. EC – plantio em cova. EN – plantio em nível. ES – plantio em sulco. FR – faixa de retenção. MA – plantio morro abaixo. PE – palha enterrada. PL – palha enleirada. PQ – palha queimada. PS – palha em superfície. R – rotação. RC – renques de capim-bufel. S – sucessão. SC – plantio sobre camalhão. VP – vegetação permanente. CHa – Cambissolo Húmico aluminico. CHd – Cambissolo Húmico distrófico. LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo. LVa – Latossolo Vermelho álico. LVAa – Latossolo Vermelho-Amarelo aluminico. LVdf – Latossolo Vermelho distrófico. PVAd – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. PVd – Argissolo Vermelho distrófico. PVe – Argissolo Vermelho eutrófico. RLe – Neossolo Litólico eutrófico.

Os estudos tendo o milho como cobertura do solo foram realizados em diferentes sistemas de produção (contínuo, rotação ou sucessão), associados a várias práticas, como: plantio em nível e morro abaixo, faixas de retenção, alternância de capinas, utilização da palha em superfície, enterrada ou queimada.

Foram realizados em Argissolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico do Rio Grande do Sul; em Cambissolo Húmico alumínico e Cambissolo Húmico distrófico de Santa Catarina; em Latossolo Vermelho distroférico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo; em Latossolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais; em Latossolo Vermelho álico do Distrito Federal; em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Neossolo Litólico eutrófico de Pernambuco; e em Latossolo Vermelho-Amarelo álico e Argissolo Vermelho eutrófico da Paraíba.

O período de experimentação das pesquisas, consideradas nesse levantamento bibliográfico, variou de um ciclo da cultura há 16 anos.

Na cultura do milho as maiores perdas de terra ($53,20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) foram observadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo, com 9,4% de declividade, com a palha enterrada, em sistema contínuo, com preparo do solo realizado morro abaixo, no PC (DE MARIA; LOMBARDI NETO, 1997). Com relação à água, as maiores perdas ($256,58 \text{ mm}$ ao ano) ocorreram em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais, com 18,75% de declividade, com a palha enterrada, sendo o sistema consorciado com feijão de porco, no PC. As justificativas para tal ocorrência se encontram no tipo de solo, no sistema de manejo, na desagregação do solo durante o processo de enterrio da palha, na precipitação média anual e na declividade do terreno.

Em contrapartida, em um experimento de milho consorciado com mucuna (um com palha na superfície e o outro com a palha enterrada), realizado em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 9,9% de declividade, em preparo convencional com enxada e enxadão, não houve perda de terra, e a perda de água foi de $3,0 \text{ mm}$ ao ano no tratamento com a palha na superfície e $4,3 \text{ mm}$ ao ano quando a palha era enterrada (MARQUES et al., 1961). Os resultados se justificam, provavelmente, pelo longo tempo de acúmulo de resíduos culturais, 16 anos.

Com relação aos diferentes sistemas de manejo, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, variaram de 0, onde a cultura do milho foi plantada juntamente com a mucuna, em um tratamento com palha enterrada e outro com a palha na superfície, em um Latossolo Vermelho distroférico, a 29,77, com milho contínuo, plantado em contorno, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, no PC; de 0,23 quando cultivado em sucessão milho/soja, em um Cambissolo Húmico alumínico, a 25,42

quando cultivado em sistema contínuo em nível, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, no PM; e de 0,11 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico a 13,39 em um Argissolo Vermelho eutrófico, no PD.

As perdas de água (em mm ao ano) variaram de 1,4 quando cultivado foi realizado em nível, com faixa de retenção, em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico, a 256,58 em sistema de consórcio com feijão-de-porco, com a palha enterrada, em um Latossolo Vermelho álico, no PC; de 20,0 em um Cambissolo Húmico alumínico, cultivado em sucessão com a cultura da soja, a 127,33 em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, em sistema contínuo, com plantio em nível, no PM; e de 7,7 em um Cambissolo Húmico alumínico, com rotação milho/soja, a 195,49 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, quando cultivado após pousio.

As perdas médias de terra, nos sistemas de cultivo de milho, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, foram de 10,57 no PC, 6,55 no PM e 3,14 no PD. Já as perdas médias de água, em mm ao ano, foram de 70,70 no PC, 52,84 no PM e 53,95 no PD.

Com relação ao tipo de solo, no Argissolo Vermelho-Amarelo, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), variaram de 0,29 a 53,2 no PC, de 0,35 a 25,42 no PM e de 0,11 a 13,39 no PD; e as de água (mm ao ano), variaram de 23,95 a 211,57 no PC, de 45,79 a 127,33 no PM e de 28,02 a 195,49 no PD. No Argissolo Vermelho as perdas de terra variaram de 8,72 a 20,11 no PC e de 0,21 a 2,8 no PD; e as de água de 28,55 a 182,3 no PC e de 7,8 a 13,32 no PD. No Latossolo Vermelho as perdas de terra variaram de 0 a 28,83 no PC, e foram de 1,64 no PM e de 2,5 no PD; e as de água variaram de 1,4 a 255,17 no PC, e foram de 17,05 no PM e de 35,85 no PD. No Latossolo Vermelho-Amarelo as perdas de terra variaram de 1,63 a 33,0 e as de água de 105,58 a 256,58 no PC. No Cambissolo Húmico as perdas de terra variaram de 0,94 a 6,97 no PC, de 0,23 a 3,35 no PM e de 0,06 a 2,1 no PD; e as de água de 58,01 a 94,07 no PD, e foram de 20 no PM e de 7,7 no PD. No Neossolo Litólico as perdas de terra variam de 4,52 a 13,72 e as de água de 4,52 a 13,72 no PC.

Entre os trabalhos, poucos comparam os diferentes sistemas de manejo (PC, PM e PD). No entanto, em todos os estudos em que esta comparação foi realizada, as perdas de terra e água no PD foram menores (Tabela 4.2).

4.4.1.3 Feijão

Na Tabela 4.3 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o feijão como cobertura.

Tabela 4.3 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o feijão como cobertura

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Feijão (R)	SP	1943 a 1959	PV Ae	12	1105,6 ⁽²⁾	38,4 9	-	-	129, 8	-	-	Marques et al. (1961)
Feijão (C)	SP	1944 a 1954	LVd f	9,9	1186,5 ⁽²⁾	2,4	-	-	15,2 0	-	-	Marques et al. (1961)
Feijão (R)	SP	1954 a 1959	LVd f	12,8	1237 ⁽²⁾	27,0 4	-	-	54,2 0	-	-	Marques et al. (1961)
Feijão (C)	SP	1947 a 1959	LVd f	8,5	1317,4 ⁽²⁾	50,7 8	-	-	165, 8	-	-	Marques et al. (1961)
Feijão (R)	SC	1989 a 1991	CH d	8,5	1506,2 ⁽²⁾	0,07	0,03	0,02	2,08	1,25	1,66	Bertol (1994)
Feijão +Soja (R)	SC	1999 a 2001	CH a	9 ⁽¹⁾	1600	0,11	0,05	0,02	15	9,0	3,8	Guadagnin et al. (2005)
Feijão (EN)	PB	1981	PVe	12	845,1	-	-	20,9 2	-	-	186, 5	Silva et al. (1985)
Feijão/ Milho (EN)	PB	1981	PVe	12	845,1	-	-	27,1 6	-	-	171, 1	Silva et al. (1985)
Feijão (EN)	PB	1981 a 1983	PVe	12	-	11,8 6	-	-	120, 4	-	-	Silva et al. (1986)

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento. C – contínuo. EN – plantio em nível. R – rotação. CHa – Cambissolo Húmico alumínico. CHd - Cambissolo Húmico distrófico. LVdf - Latossolo Vermelho distroférico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. PVe – Latossolo Vermelho eutrófico.

Os estudos que apresentam o feijão como cobertura do solo, abordaram sistemas de produção contínuo, em rotação ou em sucessão.

Foram realizados em Latossolo Vermelho distroférico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo; Cambissolo Húmico distrófico e Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina; e Argissolo Vermelho eutrófico da Paraíba.

As pesquisas consideradas nesse levantamento bibliográfico tiveram o tempo de experimentação entre um ciclo da cultura e 16 anos.

Na cultura do feijão as maiores perdas de terra (50,78 t ha⁻¹ ano⁻¹) e de água (165,8 mm ao ano) foram observadas em um Latossolo Vermelho

distroférico de São Paulo, com 8,5 % de declividade, em sistema contínuo, manejado com enxada e enxadão, no PC (MARQUES et al., 1961). A ausência de cobertura associada ao sistema de manejo são alguns dos fatores que justificam esses resultados.

As menores perdas de terra ($0,02 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e de água ($1,25 \text{ mm}$ ao ano) ocorreram em um Cambissolo Húmico distrófico de Santa Catarina, com 8,5 % de declividade, em sistema de rotação de culturas, no PD e no PM, respectivamente (BERTOL, 1994), justificadas, principalmente, pelo sistema de manejo empregado.

Com relação aos diferentes manejos, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no PC variaram de 0,07, em um Cambissolo Húmico distrófico, a 50,78, em um Latossolo Vermelho distroférico; no PM de 0,03, em um Cambissolo Húmico distrófico, a 0,05, em um Cambissolo Húmico alumínico; e no PD de 0,02, em um Cambissolo Húmico distrófico, a 27,16, em Argissolo Vermelho eutrófico. Os resultados indicam, de forma geral, que o PM, com menor amplitude entre o valor mínimo e máximo ($\text{PC} > \text{PD} > \text{PM}$), foi o sistema de manejo que melhor controlou as perdas por erosão.

As perdas de água, em mm ao ano, no PC variaram de 2,08 em um Cambissolo Húmico distrófico, a 165,8 em um Latossolo Vermelho distroférico; no PM de 1,25 em um Cambissolo Húmico distrófico, a 9,0 quando cultivado em um Cambissolo Húmico alumínico; e no PD de 1,66 em um Cambissolo Húmico distrófico, a 186,5 em um Argissolo Vermelho eutrófico. Os resultados mostram que a amplitude das perdas de água também foram menores no PM ($\text{PC} > \text{PD} > \text{PM}$).

As perdas médias de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, nos sistemas de cultivo de feijão, foram de 18,68 no PC, 0,04 no PM, e 12,03 no PD ($\text{PC} > \text{PD} > \text{PM}$); já em relação às perdas de água, em mm ao ano, 71,78 no PC, 5,12 no PM e 90,77 no PD ($\text{PD} > \text{PC} > \text{PM}$).

Em relação ao tipo de solo, no Latossolo Vermelho, independente da declividade, a perda de terra ($\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) variou de 8,5 a 12,8 no PC. A perda de água (mm ao ano) variou de 15,2 a 165,8 no PC. No Cambissolo Húmico, a de solo variou de 0,07 a 0,11 no PC e de 0,03 a 0,05 no PM. A perda de água variou de 2,08 a 10,94 no PC, de 1,25 a 9,0 no PM e de 1,66 a 3,8 no PD. No Argissolo Vermelho, apenas dois trabalhos apresentaram dados de perdas de terra e água, sendo as de terra de 11,86 no PC e de 27,16 no PD; e as de água de 120,4 no PC e de 171,1 no

PD (os dados referentes às perdas de terra e água no PD são referentes a apenas um ciclo da cultura).

As perdas de terra e água no PD foram elevadas em virtude de um trabalho realizado apenas em um ciclo da cultura (SILVA et al., 1985). Além disso, para PM constam apenas dois estudos, fato limita as comparações entre os sistemas de manejo.

4.4.1.4 Trigo

Na Tabela 4.4 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o trigo como cobertura.

Tabela 4.4 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o trigo como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Trigo (R)	RS	1975 a 1976	PVd	12	1190,1 ⁽²⁾	1,28	-	-	49,2	-	-	Eltz et al. (1977)
Trigo (S)	RS	1976 a 1977	PVd	12	1733,3 ⁽²⁾	2,54	-	-	42,3	-	-	Saraiva et al. (1981)
Trigo/Soja (S)	RS	1975 a 1980	PVd	12	1259,6	9,62	2,0	2,64	62,0	24,8	34,5	Eltz et al. (1984a)
Trigo/Milho (S)	RS	1975 a 1980	PVd	12	1259,6	3,03	-	0,45	50,4	-	12,2	Eltz et al. (1984a)
Trigo/Soja (S) (MA)	SP	1980 a 1981	LVdf	10	1041	1,37	-	-	48,3	-	3,29	Castro et al. (1986b)
Trigo (R)	SC	1989 a 1991	CHd	8,5	1420 ⁽²⁾	0,58	0,66	0,19	64,7	84,2	88,2	Bertol (1994)
Trigo/Soja (S)	SC	1992 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1472 ⁽²⁾	5,34	2,82	1,5	-	-	-	Bertol et al. (2001)
Trigo/Aveia preta (R)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	2,64	1,21	1,0	225,90	142,95	183,40	Schick et al. (2000)
Trigo/Ervilhaca comum (R)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	0,18	0,22	0,09	35,1	52,8	22,4	Schick et al. (2000)
Trigo/Trigo (R)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	1,40	2,43	0,41	54,1	82,2	37,0	Schick et al. (2000)
Trigo/Nabo forrageiro (R)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	0,41	0,26	0,45	309,5	26,7	136,1	Schick et al. (2000)
Trigo/Aveia preta (S)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	4,91	2,53	1,67	220,75	164,0	204,30	Schick et al. (2000)
Trigo/Ervilhaca comum (S)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	0,21	0,28	0,09	9,60	28,8	7,45	Schick et al. (2000)
Trigo/Trigo (S)	SC	1993 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	3,73	2,08	0,41	102,5	69,8	16,0	Schick et al. (2000)

Trigo/Nabo forrageiro (S)	SC	1993 a 1998	CH a	g ⁽¹⁾	1600	2,04	0,76	0,58	446, 7	183, 4	132, 7	Schick et al. (2000)
------------------------------	----	----------------	---------	------------------	------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-------------------------

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento. MA – plantio morro abaixo. R – rotação. S – sucessão. CHa – Cambissolo Húmico alumínico. CHd - Cambissolo Húmico distrófico. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. PVD – Argissolo Vermelho distrófico.

Os estudos que apresentam trigo como cobertura do solo abordaram diferentes sistemas de produção: contínuo, rotação ou sucessão. Foram realizados em Argissolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul; e em Cambissolo Húmico distrófico e Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina.

As pesquisas levantadas nesse estudo tiveram o tempo de experimentação entre um ciclo da cultura e 6 anos.

Na cultura do trigo as maiores perdas de terra ($9,62 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foram observadas em um Argissolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul, com 12% de declividade, no sistema de sucessão trigo/soja, no PC (ELTZ et al., 1984a). As maiores perdas de água (446,7 mm ao ano), em declividade ajustada para declividade de 9%, ocorreram em um Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina, em sistema de sucessão trigo/nabo forrageiro, no PC (SCHICK et al., 2000). Em ambos os casos, as perdas estão associadas ao sistema de manejo (aração e gradagem), e à ausência de cobertura, que contribui sobremaneira com a maior exposição do solo ao impacto das gotas de chuva e ao escoamento superficial, com consequente selamento da superfície, reduzindo a infiltração de água.

As menores perdas de terra ($0,09 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), ocorreram em um Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina, sendo a declividade ajustada para declividade de 9%, em sistema de rotação com ervilhaca, no PM (SCHICK et al., 2000), e as de água (3,29 mm ao ano), em um Latossolo Vermelho distroférico, em área com 10% de declividade, no sistema de sucessão trigo/soja, plantado morro abaixo, no PD. Essas menores perdas podem ser justificadas pelo fato de que o tanto o PM quanto o PD, quando comparado aos demais tratamentos proporcionou uma boa quantidade de resíduos culturais na superfície, minimizando o impacto das gotas de chuva e consequentemente o efeito erosivo das mesmas.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no PC variaram de 0,18 em um Cambissolo Húmico alumínico a 9,62 em um Argissolo Vermelho distrófico; no PM de 0,22 a 2,82 em um Cambissolo Húmico alumínico; e no PD de

0,09 em um Cambissolo Húmico distrófico a 2,64 em um Argissolo Vermelho distrófico no PD. Os resultados indicam, de forma geral, que o PD é o sistema de manejo que melhor controla as perdas de terra, apresentando menor amplitude entre o valor mínimo e máximo (PC>PM>PD), e que essas perdas estão diretamente relacionadas à quantidade de cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais.

As perdas de água, em mm ao ano, no PC variaram de 9,6 a 446,7 em um Cambissolo Húmico alumínico; no PM de 24,8 em um Argissolo Vermelho distrófico a 183,4 em um Cambissolo Húmico alumínico; e no PD de 7,45 a 204,3, em um Cambissolo Húmico alumínico.

A perda média de terra, nos sistemas de cultivo de trigo, independente do tipo de solo, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, foi de 2,62 no PC, 1,39 no PM e 0,79 no PD (PC>PM>PD). Em relação às perdas de água, em mm ao ano, verificou-se uma média de 122,96 no PC, 85,97 no PM e 73,13 no PD (PC>PM>PD).

Com relação ao tipo de solo, independente da declividade, no Argissolo Vermelho, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) variaram de 1,28 a 9,62 no PC, de 0,45 a 2,64 no PD, e foi de 2,0 no PM; e as de água (mm ao ano) de 42,36 a 62,06 no PC, de 12,21 a 34,5 no PD, e foi de 24,8 no PM. No Cambissolo Húmico, as perdas de terra variaram de 0,18 a 5,34 no PC, de 0,22 a 2,82 no PM e de 0,09 a 1,67 no PD; e as de água de 9,6 a 446,7 no PC, de 26,7 a 183,4 no PM e de 7,45 a 204,3 no PD.

Nesses estudos, comparando os diferentes sistemas de manejo, as perdas de terra e água, em relação ao PC, foram baixas tanto no PD quanto no PM.

4.4.1.5 Aveia

Na Tabela 4.5 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a aveia como cobertura.

Tabela 4.5 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a aveia como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Aveia/Soja (S) (MA)	RS	1980 a 1981	PV Ad	9,0	1650,9 ⁽²⁾	16,75	-	6,05	100,6	-	66,37	Eltz et al. (1984b)
Aveia/Milho (S) (MA)	RS	1978 a 1979	PV Ad	9,0	1650,9 ⁽²⁾	10,07	-	6,78	135,17	-	143,64	Eltz et al. (1984b)
Aveia preta (EN)	RS	1995	LVdf	3,5	575 ⁽²⁾	0,12	0,16	0,11	1,8	2,8	3,2	Cogo et al. (2003)
Aveia preta (EN)	RS	1995	LVdf	6,5	575 ⁽²⁾	0,09	0,14	0,12	1,8	2,8	3,3	Cogo et al. (2003)
Aveia preta (EN)	RS	1995	LVdf	9,5	575 ⁽²⁾	0,13	0,15	0,16	2,9	2,6	2,2	Cogo et al. (2003)
Aveia/Trigo	SC	1999 a 2001	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	0,81	0,40	0,29	238,0	143,4	116,1	Guadagnin et al. (2005)
Aveia (R)	SC	1989 a 1991	CHd	9 ⁽¹⁾	1506,2 ⁽²⁾	0,25	0,07	0,01	17,332	14,856	11,142	Bertol (1994)

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento. EN – plantio em nível. MA – plantio morro abaixo. R – rotação. S – sucessão. CHa – Cambissolo Húmico aluminoso. CHd - Cambissolo Húmico distrófico. LVdf – Latossolo Vermelho distrófico. PVAd – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Os estudos com aveia abordaram diferentes sistemas de produção: contínuo, rotação ou sucessão. Foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e em Latossolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul; e em Cambissolo Húmico aluminoso e Cambissolo Húmico distrófico de Santa Catarina.

As pesquisas utilizadas nesse levantamento bibliográfico tiveram tempo de experimentação entre um ciclo da cultura e 3 anos.

Na cultura da aveia as maiores perdas de terra (16,75 t ha⁻¹ ano⁻¹) foram observadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico do Rio Grande do Sul, com 9% de declividade, em sucessão aveia/soja, no PC (ELTZ et al., 1984b); e as maiores perdas de água (143,64 mm ao ano) ocorreram neste mesmo tipo de solo, quando cultivado com aveia/milho em sucessão, no PD. No primeiro caso, uma das justificativas para tal ocorrência, encontra-se na ausência de cobertura na superfície do solo, deixando o mesmo exposto a ação erosiva das gotas de chuva. Já a maior perda de água pode estar relacionada ao curto período de experimentação, que não possibilitou a consolidação do sistema PD.

As menores perdas de terra (0,01 t ha⁻¹ ano⁻¹) ocorreram em um Cambissolo Húmico distrófico de Santa Catarina, com declividade ajustada para 9%,

no PD (BERTOL, 1994); e as de água (1,8 mm) em um Latossolo Vermelho distroférico do Rio Grande do Sul, com 6,5% de declividade, no PC (COGO et al., 2003). A menor perda de terra pode ser explicada pelo sistema de manejo PD, que permite uma maior cobertura da superfície do solo pelos resíduos vegetais, quando comparada as demais, e no caso da perda de água, pode ser explicado pela erosividade das chuvas, que foram baixas durante o ciclo da cultura.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, no PC variaram de 0,09 em um Latossolo Vermelho distroférico a 16,75 em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico no PC; no PM de 0,07 em um Cambissolo Húmico distrófico a 0,16 em um Latossolo Vermelho distroférico; e no PD de 0,01 em um Cambissolo Húmico distrófico a 6,78 em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os resultados indicam, de forma geral, que o PM é o sistema de manejo que melhor controla as perdas de terra, apresentando menor amplitude entre o valor mínimo e máximo (PC>PD>PM). Já as perdas de água, em mm ao ano, no PC variaram de 1,8 em um Latossolo Vermelho distroférico a 238 em um Cambissolo Húmico distrófico; no PM de 2,6 em um Latossolo Vermelho distroférico a 143,4 em um Cambissolo Húmico distroférico; e no PD de 2,2 em um Latossolo Vermelho distroférico a 116,1 em um Cambissolo Húmico alumínico no PD. Nesse caso os resultados mostram que as perdas de água foram menores no PD (PC>PM>PD). Nesse caso o não revolvimento do solo e a manutenção de cobertura permanente possibilitaram maior infiltração da água pela maior infiltração de água no solo, e a redução de perdas ocasionadas pela erosão.

A perda média de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, nos sistemas de cultivo de aveia foi de 4,03 no PC, 0,18 no PM e 1,93 no PD. Em relação às perdas de água, em mm ao ano, verificou-se uma média de 71,09 no PC, 33,29 no PM e 49,42 mm no PD (PC>PM>PD).

Com relação ao tipo de solo, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), no Argissolo Vermelho-Amarelo variaram de 10,07 a 16,75 no PC e de 6,05 a 6,78 no PD; e as de água (em mm ao ano) variaram de 100,6 a 135,17 no PC e de 66,37 a 143,64 no PD. No Latossolo Vermelho as perdas de terra variaram de 0,09 a 0,13 no PC, de 0,14 a 0,16 no PM e de 0,11 a 0,16 no PD; e as de água de 1,8 a 2,9 no PC, de 2,6 a 2,8 no PM e de 2,2 a 3,3 no PD. No Cambissolo Húmico as perdas de terra variaram de 0,25 a 0,81 no PC, de 0,07 a 0,4

no PM e de 0,01 a 0,29 no PD; e as de água de 17,33 a 238,0 no PC, de 14,85 a 143,4 no PM e de 11,14 a 116,1 no PD.

4.4.1.6 Algodão

Na Tabela 4.6 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o algodão como cobertura.

Tabela 4.6 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o algodão como cobertura

Cobertura	Local	Período	Solo	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Algodão (C)	SP	1943 a	PV	12	1105,6 ⁽¹⁾	20,5	-	-	82,4	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	Ae			7	-	-	4	-	-	
Algodão (R)	SP	1943 a	PV	12	1105,6 ⁽¹⁾	28,5	-	-	92,2	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	Ae			3	-	-	5	-	-	
Algodão (R)	SP	1944 a	LV	12,8	1187,5 ⁽¹⁾	0,89	-	-	4,50	-	-	Marques et al. (1961)
1954	df											
Algodão (C)	SP	1944 a	LV	9,9	1203,3 ⁽¹⁾	17,8	-	-	65,6	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			5	-	-	0	-	-	
Algodão (R)	SP	1944 a	LV	9,9	1203,3 ⁽¹⁾	10,1	-	-	37,1	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			9	-	-	3	-	-	
Algodão (C)	SP	1954 a	LV	9,9	1237 ⁽¹⁾	12,7	-	-	36,2	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			6	-	-	0	-	-	
Algodão (R)	SP	1954 a	LV	9,9	1237 ⁽¹⁾	2,1	-	-	15,7	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			2,1	-	-	5	-	-	
Algodão/Mucuna + Milho (R)	SP	1944 a	LV	9,9	1186,5 ⁽¹⁾	3,24	-	-	19,3	-	-	Marques et al. (1961)
		1954	df						0	-	-	
Algodão (MA)	SP	1944 a	LV	6,3	1202,1 ⁽¹⁾	14,4	-	-	51,2	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			5	-	-	7	-	-	
Algodão (EN)	SP	1944 a	LV	6,3	1202,1 ⁽¹⁾	9,95	-	-	30,9	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df						3	-	-	
Algodão (AC)	SP	1944 a	LV	6,3	1202,1 ⁽¹⁾	6,18	-	-	27,4	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df						7	-	-	
Algodão (FPC)	SP	1944 a	LV	6,3	1202,1 ⁽¹⁾	2,17	-	-	15,4	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df						7	-	-	
Algodão (C)	SP	1945 a	PV	9,4	1347,2 ⁽¹⁾	32,1	-	-	221,	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	Ae			2	-	-	35	-	-	
Algodão (R)	SP	1945 a	PV	9,4	1347,2 ⁽¹⁾	31,6	-	-	238,	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	Ae			2	-	-	92	-	-	
Algodão (R)	SP	1947 a	LV	8,5	1317,5 ⁽¹⁾	47,9	-	-	168,	-	-	Marques et al. (1961)
		1959	df			4	-	-	75	-	-	
Algodão (C)	SP	1954 a	LV	9,9	1334,56 ⁽¹⁾	52,5	-	-	146,	-	-	Lombardi Neto e Pastana (1972)
1970	df	4	-						-	74	-	
Algodão (MA)	PB	1981	PV	12	845,1 ⁽¹⁾	-	-	48,1	-	213,	Silva et al. (1985)	
Algodão (EN)	PB	1981	PV	12	845,1 ⁽¹⁾	-	-	19,1	-	75,	Silva et al. (1985)	

Algodão + Milho + Feijão (EN)	PB	1981	e PV	12	845,1 ⁽¹⁾	-	-	35,1	-	-	6	40	175,07	Silva et al. (1985)
Algodão + Milho + Feijão (EN) (FR)	PB	1981	e PV	12	845,1 ⁽¹⁾	-	-	27,1	-	-	7	-	182,35	Silva et al. (1985)
Algodão (MA)	PB	1981 a 1983	e PV	12	-	31,8	-	-	140,5	-	-	-	-	Silva et al. (1986)
Algodão (EN)	PB	1981 a 1983	e PV	12	-	13,0	-	-	99,3	-	-	-	-	Silva et al. (1986)
Algodão + Milho + Feijão (EN)	PB	1981 a 1983	e PV	12	-	23,7	-	-	114,3	-	-	-	-	Silva et al. (1986)
Algodão + Milho + Feijão (EN) (FR)	PB	1981 a 1983	e PV	12	-	15,4	-	-	107,2	-	-	-	-	Silva et al. (1986)
Algodão	PE	1969 a 1979	e RL	12	630,1 ⁽¹⁾	10,9	-	-	-	-	-	-	-	Margolis et al. (1985)
Algodão + Sorgo	PE	1983 a 1988	TC	5	757 ⁽¹⁾	0,66	-	-	138,71	-	-	-	-	Sousa. (1997)
Algodão + Sorgo + Feijão (ES) (SC)	PE	1983 a 1988	TC	5	757 ⁽¹⁾	2,59	-	-	330,48	-	-	-	-	Sousa. (1997)

⁽¹⁾ Precipitação média durante o período do experimento. AC – alternância de capinas. C – contínuo. EN – plantio em nível. ES – plantio em sulco. FR – faixa de retenção. FPC – faixa permanente de cana-de-açúcar. MA – plantio morro abaixo. R – rotação. S – sucessão. SC – plantio sobre camalhão. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. . PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. . PVe – Argissolo Vermelho eutrófico. RLe – Neossolo Litólico eutrófico. TC – Luvissoilo Crômico.

Esses estudos abordaram diferentes sistemas de produção (contínuo, rotação e sucessão), com ênfase em diferentes práticas conservacionistas: plantio em nível, com faixas de retenção e plantio morro abaixo.

Foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo; em Argissolo Vermelho eutrófico da Paraíba; e em Neossolo Litólico eutrófico e Luvissoilo Crômico de Pernambuco.

Os experimentos levantados na revisão bibliográfica apresentaram em média 8 anos de duração, indo de 1 a 16 anos.

As maiores perdas de terra (52,54 t ha⁻¹ ano⁻¹), foram observadas em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 9,9% de declividade, cultivado continuamente com algodão, no PC (LOMBARDI NETO; PASTANA, 1972); e as maiores perdas de água (330,48 mm ao ano), em um Luvissoilo Crômico de Pernambuco, com 5% de declividade, consórcio de algodão, sorgo e feijão, com plantio em sulco sobre camalhão, no PC (SOUSA et al., 1997). Estas perdas se relacionam principalmente ao sistema de manejo e aos tipos de solo.

As menores perdas de terra (0,66 t ha⁻¹ ano⁻¹) se deram em Luvissoilo Crômico de Pernambuco, com 5% de declividade, no consórcio do algodão e sorgo, em superfície plana no PC (SOUSA et al., 1997); e as menores perdas de água (4,5 mm ao ano), em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com

12,8% de declividade, no plantio em nível, com rotação de culturas, no PC (MARQUES et al.,1961). Nesses casos, relações de causa/efeito se associam, possivelmente ao tipo de solo e rotação de culturas para as perdas de terra e a consorciação de culturas para as perdas de água.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, no PC variaram de 0,89 a 52,54, em um Latossolo Vermelho distroférico; e no PD, de 19,16 a 48,14 em um Argissolo Vermelho eutrófico. Já as perdas de água, em mm ao ano, no PC variaram de 4,5, em um Latossolo Vermelho distroférico, a 330,48, em um Luvisolo Crômico; e no PD de 175,0, quando cultivado com milho e feijão, com plantio em nível e com faixa de retenção, a 213,75, com preparo do solo o plantio feitos morro abaixo, em um Argissolo Vermelho eutrófico. Neste caso, os resultados mostram que as perdas de água foram menores no PC, porém como só há um estudo em PD, inferências são inviáveis.

Na cultura do algodão é importante destacar a influência do sistema de plantio no controle do processo erosivo, e isto pôde ser observado no trabalho de Silva et al. (1985), em que as perdas de terra no PD variaram de a $19,97\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, quando o plantio foi realizado em nível a $48,1\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, quando o plantio foi feito morro abaixo.

As perdas médias de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, nos sistemas de cultivo de algodão, foram de 17,02 no PC e 32,41 no PD. Em relação às perdas de água, em mm ao ano, verificaram-se médias de 99,30 no PC e 186,64 no PD (PD>PC).

Com relação ao tipo de solo, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), no Argissolo Vermelho-Amarelo variaram de 20,57 a 32,12 e as de água (mm ao ano), de 82,44 a 238,92, no PC. No Latossolo Vermelho as perdas de terra variaram de 0,89 a 52,54 e as de água de 4,5 a 168,75, no PC. No Argissolo Vermelho as perdas de terra variaram de 13,03 a 31,89 no PC e de 19,97 a 48,14 no PD; e as de água de 99,3 a 140,5 no PC e de 175,4 a 213,75. No Luvisolo Crômico as perdas de terra variaram de 0,66 a 2,59 e as de água de 138,71 a 330,48, no PC. No Neossolo Litólico eutrófico, as perdas de terra foram de 10,9 no PC.

4.4.1.7 Arroz

Apenas dois estudos apresentam o arroz como cobertura do solo, um com apenas 1 ano de experimentação e o outro com 16 anos.

As pesquisas foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo; e em Latossolo Vermelho álico no Distrito Federal.

Na cultura do arroz as maiores perdas de terra ($34,89 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foram observadas em um Latossolo Vermelho distroférico, com 8,5% de declividade, no PC, com rotação de culturas (MARQUES et al., 1961). As maiores perdas de água (251,67 mm ao ano) em um Latossolo Vermelho álico do Distrito Federal, com 5,5% de declividade, no PC, cultivado continuamente por quatro anos (DEDECEK et al., 1986).

As menores perdas de terra ($0,62 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e água (15,60 mm ao ano) ocorreram em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 12,8% de declividade, no PC (MARQUES et al., 1961). Essas perdas menores, quando comparadas às demais, podem ser explicadas pelo fato de terem sido cultivadas em sistema de rotação, que proporciona um maior volume de resíduos vegetais incorporados nas camadas superficiais do solo, mesmo no PC, o que garante uma melhor estruturação do solo.

Os estudos foram realizados somente no PC e, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, foram de 27,15, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, variaram de 0,62 a 34,89, em um Latossolo Vermelho distroférico, e de 11,30 a 12,17, em um Latossolo Vermelho álico; as perdas de água foram de 119,00 mm ao ano, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, e variaram de 15,60 a 150,83, em um Latossolo Vermelho distroférico, e de 207,00 a 251,67, em um Latossolo Vermelho álico. A perda média de terra foi de $12,39 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e a de água de 129,04 mm ao ano.

Com relação ao tipo de solo, independente da declividade, as perdas de terra variaram de 0,62 a $34,89 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e as de água de 15,60 a 251,67 mm ao ano no Latossolo Vermelho; no Argissolo Vermelho-Amarelo foram de $27,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e 119,00 mm ao ano.

Trata-se de uma cultura que, embora ocupe uma área agrícola considerável (segunda a CONAB, 2011: 2,7 milhões de ha no ano agrícola de 2009/2010), foi pouco explorada nas pesquisas em erosão do solo no Brasil.

4.4.1.8 Mamona

Apenas dois estudos apresentam mamona como cobertura do solo, um em PC (MARQUES et al., 1961) e um em PD (MARGOLIS et al., 1985), com dados apenas das perdas de terra. Foram realizados em Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo e em Neossolo Litólico eutrófico de Pernambuco. Tiveram tempo de experimentação entre 5 e 15 anos.

As maiores perdas de terra ($52,50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e de água ($183,5 \text{ mm}$ ao ano) foram observadas em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com declividade de 8,5%, em rotação de culturas, no PC (MARQUES et al., 1961).

As menores perdas de terra ($3,99 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) ocorreram em um Neossolo Litólico eutrófico de Pernambuco, com 12% de declividade, no PD (MARGOLIS et al., 1985); e as de água ($16,95 \text{ mm}$ ao ano), em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com declividade de 12,8%, no PC (MARQUES et al., 1961).

Com relação aos sistemas de manejo, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no PC, variaram de 6,85 a 52,5, em Latossolo Vermelho distroférico; e de $3,99 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em um Neossolo Litólico eutrófico, no PD. Os resultados indicam, de forma geral, que no PD as perdas de terra são menores (PC>PD). As perdas de água, em mm ao ano, no PC, variaram de 16,95 a 183,5. Não foram encontrados dados referentes à perda de água no PD.

As perdas médias de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, nos sistemas de cultivo de mamona, foram de 29,67 no PC e de 3,99 PD (PC>PD). Em relação às perdas de água, verificou-se média de 100,22 mm ao ano no PC.

4.4.1.9 Mandioca

Na Tabela 4.7 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a mandioca como cobertura.

Tabela 4.7 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a mandioca como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	P M	PD	PC	P M	PD	
Mandioca (R)	SP	1943 a 1959	PVAe	12	1105,6 ⁽¹⁾	30,41	-	-	101,00	-	-	Marques et al. (1961)
Mandioca (R)	SP	1944 a 1959	LVdf	12,8	1204 ⁽¹⁾	3,01	-	-	7,60	-	-	Marques et al. (1961)
Mandioca (R)	SP	1945 a 1959	PVAe	9,4	1347,2 ⁽¹⁾	51,44	-	-	243,21	-	-	Marques et al. (1961)
Mandioca (R)	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽¹⁾	40,89	-	-	157,58	-	-	Marques et al. (1961)
Mandioca (MA) (SC)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	21,77	-	-	105,6	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (EN) (SC)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	0,04	-	-	3,55	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (MA) (MT)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	6,38	-	-	46,2	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (EN) (MT)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	0,43	-	-	13,15	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (CR) (MA)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	0,71	-	-	19,4	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (EN) (CR)	PE	1980 a 1981	PVAe	12	1200,8 ⁽¹⁾	-	-	16,95	-	-	51,85	Margolis e Mello Neto (1985)
Mandioca (EC) (MA)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁾	-	-	0,70	-	-	34,36	Andrade et al. (1999)
Mandioca (EN) (EC)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁾	-	-	0,80	-	-	32,06	Andrade et al. (1999)
Mandioca (EN) (SC)	PB	1987 a 1989	LVAa	7	1160 ⁽¹⁾	-	-	0,30	-	-	17,30	Andrade et al. (1999)

⁽¹⁾ Precipitação média durante o período do experimento. CR – plantio em cova rasa. EC – plantio em cova. EN – plantio em nível. MA – plantio morro abaixo. MT – matumbo. R – rotação. SC – plantio sobre camalhão. LVAa – Latossolo Vermelho-Amarelo aluminico. LVdf – Latossolo Vermelho distroférrico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

Os estudos que apresentam a mandioca como cobertura do solo, abordaram diferentes práticas conservacionistas: rotação, camalhão em contorno e morro abaixo, matumbo (cova em que se planta a estaca da mandioca), plantio em nível e morro abaixo, cova rasa em contorno e morro abaixo.

Foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo; Argissolo Vermelho-Amarelo de Pernambuco; e Latossolo Vermelho-Amarelo álico da Paraíba. Esses tiveram tempo de experimentação entre 1 e 16 anos.

Na cultura da mandioca maiores perdas de terra ($51,44 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e água ($243,21 \text{ mm ao ano}$) foram observadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo, com declividade de 9,4%, em rotação de cultura, no PC (MARQUES et al., 1961). Essas elevadas perdas, tanto de terra quanto de água, podem estar relacionadas ao sistema de manejo, ao tipo de solo e à elevada precipitação média anual e declividade.

As menores perdas de terra ($0,04 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e de água ($3,55 \text{ mm ao ano}$) ocorreram em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pernambuco, com 12% de declividade, com camalhões em contorno, no PD (MARGOLIS; MELLO NETO, 1985). Esses resultados estão associados ao sistema de manejo e à adoção de práticas conservacionistas, como é o caso do camalhão em contorno, forma bastante eficiente de controle da erosão.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no PC, variaram de 3,01, em um Latossolo Vermelho distroférico, a 48,58, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico; no PD, de 0,04, quando cultivado em camalhão em contorno, a 21,77, quando cultivado em camalhão morro abaixo, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Os resultados indicam, de forma geral, que o PD controlou de forma mais eficiente as perdas de terra ($\text{PC} > \text{PD}$). As perdas de água, em mm ao ano, no PC, variaram de 3,55 a 243,21, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, ambos com rotação; e no PD, de 3,55 a 105,6, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. É importante destacar a diferença na perda de água quando se adota plantio em camalhão em contorno ($3,5 \text{ mm ao ano}$) e quando se adota o camalhão morro abaixo ($105,6 \text{ mm ao ano}$), onde fica evidente a importância da adoção de práticas conservacionistas com vistas ao controle das perdas de terra e água por erosão ($\text{PC} > \text{PD}$).

As perdas médias de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, nos sistemas de cultivo de mandioca, foram de 31,44 no PC e 3,29 no PD ($\text{PC} > \text{PD}$). Em relação às perdas de água, em mm ao ano, as médias foram de 127,35 no PC e de 27,23 no PD ($\text{PC} > \text{PD}$).

Com relação ao tipo de solo, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), no Argissolo Vermelho-Amarelo variaram de 30,41 a 51,44 no PC e de 0,04 a 21,77 no PD; e as perdas de água (mm ao ano) variaram de 101,00 a 243,21 no PC e de 3,5 a 105,6 no PD. No Latossolo Vermelho as perdas de terra variaram de 3,01 a 40,89 e as de água de 7,6 a 157,58, no PC. No Latossolo Vermelho-Amarelo as perdas de terra variaram de 0,3 a 0,8 e as de água de 17,3 a 34,36, no PD.

As pesquisas com mandioca deram enfoque em práticas conservacionistas utilizadas principalmente na região Nordeste do Brasil.

4.4.1.10 Batata

Apenas um estudo apresentou a batata como cobertura do solo, sendo este realizado em dois solos de São Paulo, Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico, com rotação de culturas, no PC (MARQUES et al., 1961). O período de duração dos experimentos foi de 5 a 16 anos.

A maior perda de terra ($10,16\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) foi observada no Latossolo Vermelho distroférico, com 12,8% de declividade; e a maior perda de água (54,8 mm ao ano) no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, com 12% de declividade. As menores perdas de terra ($2,35\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) e água (15,0 mm ao ano) foram verificadas no Latossolo Vermelho distroférico, com 9,9% de declividade.

As perdas de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, variaram de 2,35 a 10,16, em Latossolo Vermelho distrófico, e as de água, em mm ao ano, de 15,00, no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, a 46,94, no Latossolo Vermelho distrófico. A perda média de terra foi de $6,92\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$; e a perda média de água foi de 31,98 mm ao ano.

4.4.1.11 Amendoim

Foi apresentado apenas um trabalho tendo o amendoim como cobertura. Este estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, em uma declividade de 8,5%, com rotação, no PC. O experimento teve 7

anos de duração. Verificou-se perda de terra de $41,22 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e de água 123,25 mm ao ano (MARQUES et al., 1961)

4.4.1.12 Rami

Foi apresentado apenas um trabalho tendo o rami como cobertura (MARQUES et al., 1961), em dois Latossolos Vermelho distroférico de São Paulo (Campinas e Ribeirão Preto), em rotação e no PC. Os experimentos tiveram tempo de duração entre 9 e 12 anos.

Verificaram-se perdas de terra de $50,33 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e de água de 187,6 mm ao ano no solo com 8,5% de declividade. A perda média de terra foi de $25,16 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e a de água de 94,5 mm ao ano.

Com relação a perda de terra, independente da declividade, a mesma variou de 0 a $50,33 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e a de água de 1,4 a 187,6 mm ao ano.

4.4.1.13 Plantas de cobertura e adubos verdes

Na Tabela 4.8 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, em solo com uso de plantas de cobertura e adubos verdes.

Os estudos que apresentam adubos verdes ou culturas de inverno (mucuna, crotalária, labelabe, aveia preta, tremoço e ervilhaca), como cobertura do solo, abordaram diferentes sistemas de produção (contínuo, rotação e sucessão), utilizando-se diferentes práticas conservacionistas, como plantio em nível, com presença de resíduos vegetais incorporados ou em superfície. Foram realizados em Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico de São Paulo; em Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina; em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico do Rio Grande do Sul; e em Neossolo Litólico eutrófico de Pernambuco.

O tempo de duração dos experimentos dos estudos considerados nesse levantamento bibliográfico variou de um ciclo de umas das culturas a 12 anos.

Tabela 4.8 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, em solo com uso de plantas de cobertura e adubos verdes.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referência
						PC	P M	P D	PC	P M	PD	
<i>Tephrosia cândida</i>	SP	1944 a 1954	LVdf	12,8	1187,5 ⁽²⁾	0,79	-	-	2,30	-	-	Marques et al. (1961)
Kudzu (C)	SP	1944 a 1954	LVdf	12,8	1187,5 ⁽²⁾	0,39	-	-	3,80	-	-	Marques et al. (1961)
<i>Tephrosia cândida</i>	SP	1947 a 1959	LVdf	8,5	1317,4 ⁽²⁾	7,98	-	-	43,08	-	-	Marques et al. (1961)
Mucuna (R)	SP	1954 a 1959	LVdf	9,9	1237 ⁽²⁾	0,14	-	-	3,10	-	-	Marques et al. (1961)
Crotalária	SP	1973 a 1979	LVdf	12,8	1360 ⁽²⁾	33,58	-	-	188,89	-	-	Dechen et al. (1981)
Labelabe	SP	1973 a 1979	LVdf	12,8	1360 ⁽²⁾	26,33	-	-	85,06	-	-	Dechen et al. (1981)
Mucuna-preta	SP	1973 a 1979	LVdf	12,8	1360 ⁽²⁾	16,98	-	-	57,78	-	-	Dechen et al. (1981)
Crotalária (EC)	SP	1973 a 1979	LVd	12,9	1300	22,90	-	-	-	-	-	Nascimento e Lombardi Neto (1999)
Mucuna preta (EC)	SP	1973 a 1979	LVd	12,9	1300	11,87	-	-	-	-	-	Nascimento e Lombardi Neto (1999)
Labelabe (EC)	SP	1973 a 1979	LVd	12,9	1300	21,18	-	-	-	-	-	Nascimento e Lombardi Neto (1999)
Labelabe	PE	1969 a 1975	RLe	12	630 ⁽²⁾	-	-	2,05	-	-	-	Margolis et al. (1985)
Tremoço /Milho (EN)	RS	1993 a 1995	PVA	6 ⁽¹⁾	1860 ⁽²⁾	-	-	1,15	-	-	48,17	Seganfredo et al. (1997)
Aveia preta + Ervilhaca (EN)	RS	1993 a 1995	PVA	6	1860 ⁽²⁾	-	-	0,69	-	-	39,20	Seganfredo et al. (1997)
Aveia Preta	RS	1986	PVA	7	1650,9	0,82	0,13	-	58,03	40,3	-	Dotto e Rignes (1989)
Aveia Preta	SC	1992 a 1998	CHa	9 ⁽¹⁾	1558 ⁽²⁾	4,91	2,53	1,67	-	-	-	Bertol et al. (2002)
Ervilhaca/Trigo (R/S)	SC	1999 a 2001	CHa	9 ⁽¹⁾	1600	3,98	1,04	0,34	53,8	25,7	42,8	Guadagnin et al. (2005)

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento. C – contínuo. EC – plantio em cova. EN – plantio em nível. R – rotação. S – sucessão. CHa - Cambissolo Húmico aluminoso. LVd – Latossolo Vermelho distrófico. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. PVA – Argissolo Vermelho-Amarelo. RLe – Neossolo Litólico eutrófico.

Na adubação verde, as maiores perdas de terra (33,58 t ha⁻¹ ano⁻¹) e de água (188,89 mm ao ano) foram observadas em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 12,8% de declividade, cultivado com crotalária, no PC (DECHEN et al., 1981). Os valores, em ambos os casos, pode ser explicado pela

elevada declividade, por ser uma cobertura de verão onde os índices pluviométricos e a intensidade das chuvas são maiores, além do sistema de manejo adotado.

A menor perda de terra ($0,13 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi observada em um Argissolo Vermelho-Amarelo do Rio Grande do Sul, com 7% declividade, cultivado com aveia preta, com resíduos vegetais na superfície, no PC (DOTTO; RIGUES, 1989); e a de água (2,3 mm ao ano) em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com declividade de 12,8%, cultivado com *Tephrosia candida*, no PC (MARQUES et al., 1961). Os resultados podem estar associados aos altos índices de cobertura das plantas e, no primeiro caso, ao fato do experimento ter apenas um ciclo de duração.

Com relação aos diferentes manejos, independente do sistema de cultivo, do local e da declividade, as perdas de terra, em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no PC, variaram de 0,14, cultivado com mucuna, em rotação de culturas, a 35,00, cultivado com crotalária, em um Latossolo Vermelho distroférico; no PM, de 0,13 em um Argissolo Vermelho-Amarelo a 2,53 em um Cambissolo Húmico alumínico, cultivados com aveia preta; e no PD, de 0,34 em um Cambissolo Húmico alumínico, cultivado com ervilhaca/trigo, a 2,05, em um Neossolo Litólico eutrófico, cultivado com labelabe. Os resultados indicam, de forma geral, que o PD foi o sistema de manejo que controlou melhor as perdas de terra, (PC>PM>PD). Esses resultados podem ser relacionados à cobertura de solo proporcionada pelos resíduos vegetais, que minimizam o impacto direto das gotas de chuva e conseqüentemente o desprendimento dos agregados e o escoamento superficial.

As perdas de água, em mm ao ano, no PC, variaram de 2,3, quando cultivado com *Tephrosia candida* a 188,89, quando cultivado com crotalária, em Latossolo Vermelho distroférico; no PM de a 25,7, em um Cambissolo Húmico alumínico, cultivado com ervilhaca/trigo, a 40,3 em um Argissolo Vermelho, cultivado com aveia preta; e no PD, de 39,2, quando cultivado com aveia preta consorciada com ervilhaca, a 48,17 quando cultivado com tremoço/milho, em Argissolo Vermelho. Nesse caso, os resultados mostram que as perdas de água foram menores no PM (PC>PM>PD).

A perda média de terra, $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, nos sistemas de cultivo de plantas de coberturas e adubos verdes foram de 11,68 no PC, 1,23 no PM, 1,18 no PD (PC>PM>PD). Em relação às perdas de água, mm ao ano, verificou-se média de 55,09 no PC, 33 no PM e 43,39 no PD (PC>PD>PM).

Com relação ao tipo e solo, independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), no Latossolo Vermelho variaram de 0,14 a 33,58 e as de perdas água (mm ao ano), de 2,3 a 188,89, no PC. No Argissolo Vermelho distrófico, as perdas de terra variaram de 0,69 a 1,15 no PD, e foram de 0,82 no PC e de 0,13 no PM; e as perdas de água variaram de 39,2 e 48,17 no PD, e foram de 58 no PC e de 40,3 no PM. No Cambissolo Húmico, as perdas de terra variaram de 3,98 a 4,91 no PC, de 1,04 a 2,53 no PM, e de 0,34 a 1,67 no PD; e as perdas de água foram de 53,8 no PC, 25,7 no PM e 42,8 no PD. No Neossolo Litólico a perda de terra foi de 2,05 no PD.

4.4.2 Culturas Semi-Perenes

4.4.2.1 Cana de açúcar

Na Tabela 4.9 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a cana de açúcar como cobertura.

Tabela 4.9 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo a cana-de-açúcar como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de água (mm ao ano)			Referências
						PC	P M	PD	PC	P M	PD	
Cana-de-açúcar (EN) (CV)	SP	1953 a 1954	LV	6,9	90,90 ⁽¹⁾	0,27	-	-	1,14	-	-	Cesar e Manfrinato (1954)
Cana-de-açúcar (EN) (SV)	SP	1953 a 1954	LV	6,9	90,90 ⁽¹⁾	0,15	-	-	1,93	-	-	Cesar e Manfrinato (1954)
Cana-de-açúcar (MA) (CV)	SP	1953 a 1954	LV	6,9	90,90 ⁽¹⁾	3,87	-	-	16,8 4	-	-	Cesar e Manfrinato (1954)
Cana-de-açúcar (MA) (SV)	SP	1953 a 1954	LV	6,9	90,90 ⁽¹⁾	0,39	-	-	3,37	-	-	Cesar e Manfrinato (1954)
Cana-de-açúcar (R)	SP	1944 a 1959	LVd f	12,8	1204 ⁽¹⁾	0,07	-	-	1,29	-	-	Marques et al. (1961)
Cana-de-açúcar (R)	SP	1945 a 1959	PV Ad	9,4	1347,21 ⁽¹⁾	21,6 4	-	-	101, 21	-	-	Marques et al. (1961)
Cana-de-açúcar (R)	SP	1947 a 1959	LVd f	8,5	1317,42 ⁽¹⁾	20,0 6	-	-	84,1 7	-	-	Marques et al. (1961)
Cana-de-açúcar/Labelabe	SP	1973 a 1979	LVd f	12,8	1360 ⁽¹⁾	11,2 0	-	-	35,2 1	-	-	Dechen et al. (1981)
Cana-de-açúcar (EN) (ES)	PB	1981 a 1983	PVe	12	-	2,17	-	-	24,9 0	-	-	Silva et al. (1986)
Cana-de-açúcar (EN) (ES)	PB	1981	PVe	12	845,1	-	-	6,21	-	-	49,2 1	Silva et al. (1985)

⁽¹⁾ Precipitação média durante o período do experimento. CV – com vinhaça. EN – plantio em nível. ES – plantio em sulco. MA – plantio morro abaixo. R – rotação. S – sucessão. SV – sem vinhaça. LV – Latossolo Vermelho. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. PVAd – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. PVe – Argissolo Vermelho eutrófico.

Os estudos tendo a cana-de-açúcar como cobertura do solo abordaram práticas conservacionistas como rotação de culturas depois de 2 anos, plantio em sulco e em nível. Estes foram realizados em Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho distroférico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico em São Paulo; e em Argissolo Vermelho eutrófico na Paraíba. O tempo de experimentação variou de trabalhos que avaliaram as perdas com duas chuvas erosivas a 15 anos.

As maiores perdas de terra (21,64 t ha⁻¹ ano⁻¹) e de água (101,21 mm) foram observadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de São Paulo, com 9,4% de declividade, em sistema de rotação de culturas, no PC (MARQUES et al., 1961). Em ambos os casos, tal ocorrência está associada a elevada declividade, ao tipo de solo e ao sistema de manejo utilizado.

As menores perdas de terra (0,07 t ha⁻¹ ano⁻¹) ocorreram em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 12,8% de declividade, com rotação de culturas, no PC (MARQUES et al., 1961); e as de água (1,14 mm ao ano)

ocorreram em um Latossolo Vermelho de São Paulo, com 6,9% de declividade, com plantio em nível e com aplicação de vinhaça, no PD (CESAR; MANFRINATO, 1954). Estas perdas menores, quando comparadas às demais, podem ser explicadas pelo tipo de solo, pelo fato da rotação ocorrer depois de 2 anos da implantação da cultura e no caso específico das perdas de água pelos dados representarem o efeito de apenas duas chuvas erosivas.

De forma geral, as perdas de terra, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, variaram de 0,07 em um Latossolo Vermelho distroférico, a 21,64 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico; e as de água, em mm ao ano, de 1,14 em um Latossolo Vermelho, a 101,21 em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

A perda média de terra, $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, para os diferentes sistemas de cultivo de cana, foi de 6,65 no PC e 6,21 no PD. Em relação as perdas de água, em mm ao ano, verificaram-se médias de 30,01 no PC e de 49,21 no PD.

Com relação ao tipo de solo, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), no Latossolo Vermelho variaram de 0,07 a 20,06 e as de água (mm ao ano), de 1,14 a 84,17. No Argissolo Vermelho as perdas de terra foram de 2,17 no PC e de 6,21 no PD; e as perdas de água foram de 24,9 no PC e de 49,21 no PD. Em um Argissolo Vermelho-Amarelo a perda de terra foi de 21,64 e a de água de 101,21.

4.4.3 Culturas Perenes

4.4.3.1 Café

Na Tabela 4.10 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o café como cobertura.

Os estudos tendo café como cobertura de solo abordaram diferentes sistemas: alternância de capina, cordões em contorno, cobertura de adubação verde anual e permanente, ceifa do mato, mato selecionado, cultivos mecânicos, sem arruação, com cobertura de palha, enleiramento permanente, encordoamento, coveamento, e diferentes densidades de plantio (3,0 x 0,5; 3,0 x 1,0; 3,0 x 2,0; 3,0 x 3,0 e 4,0 x 2,0 m). Foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho eutroférico em São Paulo e em um Latossolo Vermelho distrófico do Paraná.

O período de coleta de dados dos experimentos considerados nesse estudo variou de 5 a 12 anos

Tabela 4.10 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo o café como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referências
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Café (CC)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	1,23	-	-	8,9	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EP)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	1,29	-	-	9,6	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AV)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	0,62	-	-	14,3	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EN)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	0,63	-	-	10,6	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EC)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	0,55	-	-	12,10	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AC)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	0,44	-	-	10,30	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CM)	SP	1944 a 1955	PVAe	10	1129,7 ⁽¹⁾	0,24	-	-	6,5	-	-	Marques et al. (1961)
Café (MS)	SP	1946 a 1955	PVAe	10	1214,6 ⁽¹⁾	0,58	-	-	9,88	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CME)	SP	1946 a 1955	PVAe	10	1214,6 ⁽¹⁾	0,59	-	-	9,63	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AVP)	SP	1946 a 1955	PVAe	10	1214,6 ⁽¹⁾	0,53	-	-	6,13	-	-	Marques et al. (1961)
Café (SE)	SP	1946 a 1955	PVAe	10	1214,6 ⁽¹⁾	0,46	-	-	7,50	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CP)	SP	1946 a 1955	PVAe	10	1214,6 ⁽¹⁾	0,33	-	-	3,88	-	-	Marques et al. (1961)
Café (SO)	SP	1951 a 1955	PVAe	10	1020,7 ⁽¹⁾	0,73	-	-	10,67	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CC)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,75	-	-	18,1	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EP)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	1,06	-	-	20,1	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AV)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,32	-	-	9,50	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EN)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,88	-	-	15,80	-	-	Marques et al. (1961)
Café (EC)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,75	-	-	15,70	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AC)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,41	-	-	11,20	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CME)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,52	-	-	12,10	-	-	Marques et al. (1961)
Café (AVP)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,22	-	-	7,40	-	-	Marques et al. (1961)
Café (SE)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,68	-	-	16,50	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CM)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,42	-	-	10,00	-	-	Marques et al. (1961)
Café (CP)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,23	-	-	7,90	-	-	Marques et al. (1961)
Café (SO)	SP	1947 a 1957	LVEf	6,5	1317,4 ⁽¹⁾	0,43	-	-	12,90	-	-	Marques et al. (1961)
Café (3,0 x 0,5)	SP	1960 a 1972	PVAe	10	1444	11,86	-	-	-	-	-	Prochnow et al. (2005)
Café (3,0 x 1,0)	SP	1960 a 1972	PVAe	10	1444	7,58	-	-	-	-	-	Prochnow et al. (2005)

Café (3,0 x 2,0)	SP	1960 a 1972	PVAe	10	1444	8,70	-	-	-	-	-	Prochnow et al. (2005)
Café (3,0 x 3,0)	SP	1960 a 1972	PVAe	10	1444	12,35	-	-	-	-	-	Prochnow et al. (2005)
Café (4,0 x 2,0)	SP	1960 a 1972	PVAe	10	1444	8,79	-	-	-	-	-	Prochnow et al. (2005)
Café (4,0 x 2,0)	PR	1976 a 1981	LVd	6	-	65,87	-	-	-	-	-	Rufino et al. (1985)

⁽¹⁾ Precipitação média durante o período do experimento. AC – alternância de capinas. AV - adubação verde. AVA - adubação verde anual. AVP – adubação verde permanente. CC – cordões em contorno. CM – ceifa do mato. CME – cultivo mecânico. CP – coberto com palha. EC – plantio em cova. EN – encordoamento. EP – enleiramento permanente. MS – mato selecionado. SE – semarrução. SO – sobreamento. LVd – Latossolo Vermelho distrófico. LVef – Latossolo Vermelho eutroférico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

O manejo adotado para a cultura do café é o preparo convencional e neste último, as maiores perdas de terra ($65,87 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foram observadas no espaçamento 4,0 x 2,0 m, em um Latossolo Vermelho distrófico no Paraná, com 6% de declividade (RUFINO et al., 1985). As maiores perdas de água (20,1 mm ao ano) foram observadas quando o mesmo foi cultivado com enleiramento permanente, em um Latossolo Vermelho eutroférico, com 6,5% de declividade (MARQUES et al., 1961).

As menores perdas de terra ($0,22 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) ocorreram com adubação verde permanente em um Latossolo Vermelho eutroférico, com 6,5% de declividade (MARQUES et al., 1961) e as de água (3,88 mm ano), quando a cultura era cultivada com palhada, em um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico, com 10% de declividade (MARQUES et al., 1961). Em ambos os casos, as menores perdas de terra estão relacionadas à cobertura do solo.

Com relação aos diferentes espaçamentos adotados na cultura do café, a perda de terra em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, foi de 11,86 quando cultivado no espaçamento de 3,0 x 0,5 m, de 7,58 no de 3,0 x 1,0 m, de 8,7 no de 3,0 x 2,0 m, de 12,35 no de 3,0 x 3,0 e de 8,79 no de 4,0 x 2,0 m (PROCHNOW et al., 2005). Esses valores indicam perdas de terra no espaçamento $3,0 \times 1,0 \text{ m} < 3,0 \times 2,0 \text{ m} < 4,0 \times 2,0 \text{ m} < 3,0 \times 0,5 \text{ m} < 3,0 \times 3,0 \text{ m}$.

A perda média de terra e de água no cultivo de café foi de respectivamente, $4,19 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e de 11,09 mm ano.

4.4.3.2 Palma

Foi apresentado apenas um trabalho com palma (MARGOLIS et al., 1985), em um Neossolo Litólico eutrófico em Pernambuco, declividade de 12%, no

PD, com 10 anos de experimentação, apresentando perda de terra média de $1,98 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

4.4.3.3 Pastagens

Na Tabela 4.11 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo pastagens como cobertura.

Os estudos tendo pastagens como cobertura do solo foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo; em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de Minas Gerais; em Argissolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul; Argissolo Vermelho eutrófico da Paraíba; e em Neossolo Litólico eutrófico de Pernambuco.

As pesquisas envolveram capim gordura, capim Jaraguá, capim pangola, Brachiária, grama batatais, capim sempre-verde, pastagem de trevo e soja perene.

O período de levantamento de dados dos estudos considerados nessa revisão variou de 1 a 16 anos.

Tabela 4.11 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do sistema de cultivo, tipo de solo, declividade e manejo, tendo pastagens como cobertura.

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Perda de Água (mm ao ano)			Referências
						PC	PM	PD	PC	PM	PD	
Capim gordura	SP	1943 a 1959	PV Ae	12	1105,6 ⁽¹⁾	2,14	-	-	20,5 6	-	-	Marques et al. (1961)
Capim gordura	SP	1944 a 1954	LVd f	12,8	1187,5 ⁽¹⁾	0,00	-	-	1,60	-	-	Marques et al. (1961)
Capim gordura	SP	1945 a 1959	PV Ae	9,4	1347,2 ⁽¹⁾	2,87	-	-	42,1 4	-	-	Marques et al. (1961)
Capim Jaraguá	SP	1947 a 1959	LVd f	8,5	1317,42 ⁽¹⁾	5,38	-	-	46,2 5	-	-	Marques et al. (1961)
Capim gordura	SP	1973 a 1979	LVd f	12,8	1360 ⁽¹⁾	14,5 7	-	-	52,0 8	-	-	Dechen et al. (1981)
Braquiária	SP	1973 a 1979	LVd f	12,8	1360 ⁽¹⁾	3,92	-	-	28,3 0	-	-	Dechen et al. (1981)
Braquiária/Soja perene	SP	1973 a 1979	LVd f	12,8	1360 ⁽¹⁾	2,42	-	-	22,3 4	-	-	Dechen et al. (1981)
Grama batatais	SP	1973 a 1979	LVd f	12,8	1360 ⁽¹⁾	0,08	-	-	6,75	-	-	Dechen et al. (1981)
Capim-sempre-verde	PE	1969 a 1979	RLe	12	630,1	0,02	-	-	-	-	-	Margolis et al. (1985)
Pastagem de trevo	RS	1975 a 1976	PVd	12	1190,1 ⁽¹⁾	6,20	-	-	48,5 0	-	-	Eltz et al. (1977)
Pastagem de trevo	RS	1975 a 1980	PVd	12	1259,6 ⁽¹⁾	7,14	-	-	28,4 8	-	-	Eltz et al. (1984a)
Pastagem de trevo	RS	1976 a 1977	PVd	12	1733,35 ⁽¹⁾	0,42	-	-	17,0 0	-	-	Saraiva et al. (1981)
Capim pangola	PB	1981	PVe	12	845,1 ⁽¹⁾	0,96	-	-	46,8 9	-	-	Silva et al. (1985)
Capim pangola	PB	1981 a 1983	PVe	12	-	0,62	-	-	23,8	-	-	Silva et al. (1986)
Braquiária	MG	2002 a 2004	LVA d	24,9	1100,5 ⁽¹⁾	0,15	-	-	19,8 8	-	-	Pires et al. (2006)

⁽¹⁾ Precipitação média durante o período do experimento. LVA d – Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVd – Latossolo Vermelho distrófico. LVdf – Latossolo Vermelho distroférico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. PVd – Argissolo Vermelho distrófico. PVe – Argissolo Vermelho eutrófico. RLe – Neossolo Litólico eutrófico.

Nas pastagens cultivadas, as maiores perdas de terra (14,57 t ha⁻¹ ano⁻¹) e de água (52,08 mm ao ano) foram observadas para o capim gordura, em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 12,8% de declividade (DECHEN et al., 1981).

As menores perdas de terra (0 t ha⁻¹ ano⁻¹) e de água (1,6 mm ao ano) ocorreram no cultivo de capim gordura, em um Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo, com 12,8% de declividade (MARQUES et al., 1961).

Com relação ao tipo de gramíneas, as perdas de terra variaram, em t ha⁻¹ ano⁻¹, de 0 a 14,57 no cultivo de capim gordura, de 0,15 a 3,92 no cultivo de Brachiária, de 0,62 a 0,96 no cultivo de capim pangola, de 0,42 a 7,14 na pastagem

de trevo, e foi igual a 0,02 no cultivo de capim sempre verde, 5,38 no cultivo com capim jaraguá e 0,08 no cultivo de grama batatais.

Já as perdas de água variaram, em mm ao ano, de 1,6 a 52,08 no cultivo de capim gordura, de 19,88 a 28,3 no cultivo de Brachiária, de 23,8 a 46,89 no cultivo de capim pangola, de 17,0 a 28,48 na pastagem de trevo, e foi igual a 46,25 no cultivo com capim jaraguá e 6,75 no cultivo de grama batatais.

As perdas médias de terra e água nas diferentes pastagens cultivadas foram, respectivamente, de 3,13 t ha⁻¹ ano⁻¹ e de 28,90 mm ao ano.

4.4.4 Vegetações Naturais e Permanentes

Na Tabela 4.12 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, tendo a vegetação nativa como cobertura.

Tabela 4.12 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do tipo de solo e da declividade, tendo vegetações naturais e permanentes como cobertura

Cobertura	Local	Período	Solo	Declive (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Perda de Água (mm ao ano)	Referências
Mata virgem	SP	1944 a 1959	PVAe	17	1144,67 ⁽¹⁾	0	16,8	Marques et al. (1961)
Mata nativa	SP	1944 a 1959	LVdf	17	1300 ⁽¹⁾	0	16,8	Marques et al. (1961)
Campo nativo	RS	1975 a 1976	PVd	12	1190,1 ⁽¹⁾	0,1	34,90	Eltz et al. (1977)
Campo nativo	RS	1975 a 1980	PVd	12	1259,6 ⁽¹⁾	0,24	40,36	Eltz et al. (1984a)
Pastagem nativa	RS	1976 a 1977	PVd	12	1733,35 ⁽¹⁾	0,08	71,7	Saraiva et al. (1981)
Vegetação permanente	DF	1979 a 1985	LVA	5,5	1599,4 ⁽¹⁾	0,04	3,40	Dedecek et al. (1986)
Vegetação permanente	DF	1985 a 1986	LVA	5,5	922,6 ⁽¹⁾	0,09	9,6	Dedecek et al. (1989)
Caatinga hiperxerófila nativa	PE	1983 a 1988	TC	5	909,4 ⁽¹⁾	0,13	54,72	Sousa et al. (1997)
Vegetação nativa	PE	1987 a 1988	PVAe	-	917,85 ⁽¹⁾	0,04	-	Sousa et al. (1997)
Caatinga nativa	PB	1983 a 1990	TCo	4	695 ⁽¹⁾	0,1	12,25	Albuquerque et al. (2001)
Caatinga nativa	PB	1983 a 1990	TCo	9,5	695 ⁽¹⁾	0,1	22,5	Albuquerque et al. (2001)
Mata nativa	MG	2002 a 2004	LVAAd	42,4	1100,5 ⁽¹⁾	0,10	17,33	Pires et al. (2006)

⁽¹⁾Precipitação média durante o período do experimento. LVA – Latossolo Vermelho álico. LVAAd – Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVdf – Latossolo Vermelho distrófico. PVAe – Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. PVd – Argissolo Vermelho distrófico. TC – Luvisolo Crômico. TCo – Luvisolo Crômico Órtico

Os estudos tendo mata nativa como cobertura do solo foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distrófico e de São Paulo; em Argissolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul;

em Latossolo Vermelho álico do Distrito Federal; em Luvisolo Crômico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pernambuco; em Luvisolo Crômico Órtico; e em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de Minas Gerais.

O tempo de duração dos experimentos que utilizaram vegetações naturais e permanentes como referência variou entre 1 e 15 anos.

As perdas de terra variaram entre 0 e 0,24 t ha⁻¹ ano⁻¹, mesmo em trabalho com declividade de 42,4%. Já as perdas de água, variaram de 3,4, a 71,7 .

Os resultados com mata nativa comprovam que em ambientes naturais as perdas por erosão são praticamente nulas e que é a ação antrópica que interfere, através das atividades agropecuárias, no equilíbrio natural do solo nos diferentes ecossistemas.

4.5.5 Solo sem Cobertura

O solo sem cobertura representa a parcela padrão da Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation – USLE*), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965, 1978), sendo que essa deve ser mantida isenta de vegetação e de crosta superficial.

Na Tabela 4.13 constam os dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, com solo sem cobertura.

Tabela 4.13 Dados de perdas de terra e água por erosão hídrica no Brasil, extraídos da literatura, em função do tipo de solo e da declividade, em solo sem cobertura.

Tipo de Solo	Local	Período	Declividade (%)	Precipitação (mm)	Perda de Terra (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Perda de Água (mm ao ano)	Referências
Latossolo Vermelho distroférico	SP	1954 a 1959	12,8	1204 ⁽²⁾	41,76	54,80	Marques et al. (1961)
Latossolo Vermelho distroférico	SP	1973 a 1979	9,9	1300	151,32	-	Nascimento et al. (1999)
Latossolo Vermelho distroférico	SP	1973 a 1985	9,9	1400	127,7	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	SP	1960 a 1972	10	1444	79,01	-	Prochnow et al. (2005)
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	SP	1973 a 1985	9,4	1580	221,7	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	SP	1973 a 1985	12	1260	344,8	-	De Maria e Lombardi Neto (1997)
Neossolo Litólico eutrófico	PE	1969 a	12	630,1	29,11	-	Margolis et al. (1985)

Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	PE	1975 a 1979	12	1100	81,37	278,3	Campos Filho et al. (1991)
Luvissolo Crômico	PE	1983 a 1988	5	909,4	5,52	444,96	Sousa et al. (1997)
Argissolo Vermelho distrófico	RS	1975 a 1976	12	1190,1	53,35	130,0	Eltz et al. (1977)
Argissolo Vermelho distrófico	RS	1975 a 1980	12	1259,6	229,95	247,80	Eltz et al. (1984a)
Argissolo Vermelho distrófico	RS	1976 a 1977	12	1733,3 ⁽²⁾	>257,36	>126,5	Saraiva et al. (1981)
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	RS	1993 a 1995	6 ⁽¹⁾	1860	201,28	598,7	Seganfredo et al. (1997)
Latossolo Vermelho distroférico	RS	1994 a 1996	6	575 ⁽²⁾	19,76	40,33	Cogo et al. (2003)
Latossolo Vermelho distrófico	PR	1976 a 1981	6	-	107,75	-	Rufino et al. (1985)
Latossolo Vermelho álico	DF	1979 a 1985	5,5	1661 ⁽²⁾	36,60	60,0	Dedecek et al. (1986)
Latossolo Vermelho álico	DF	1985 a 1986	5,5	922,60 ⁽²⁾	11,33	190,9	Dedecek (1989)
Argissolo Vermelho eutrófico	PB	1981	12	845,1	74,57	261,1	Silva et al. (1985)
Argissolo Vermelho eutrófico	PB	1981 a 1983	12	-	93,80	242,5	Silva et al. (1986)
Latossolo Vermelho-Amarelo álico	PB	1987 a 1989	7	1160 ⁽²⁾	8,1	16,2	Andrade et al. (1999)
Latossolo Vermelho álico	MS	1988 a 1994	3	1350	6,92	146,30	Hernani et al. (1999)
Cambissolo Húmico distrófico	SC	1989	8,5	702 ⁽²⁾	45,86	132,68	Bertol e Miquelluti (1993)
Cambissolo Húmico distrófico	SC	1989 a 1991	9 ⁽¹⁾	1420 ⁽²⁾	69,51	220,12	Bertol (1994)
Cambissolo Húmico aluminico	SC	1992 a 1998	9 ⁽¹⁾	1472 ⁽²⁾	66,83	-	Bertol et al. (2001)
Cambissolo Húmico aluminico	SC	1992 a 1998	9 ⁽¹⁾	1573,5 ⁽²⁾	94,83	-	Bertol et al. (2002)
Cambissolo Húmico aluminico	SC	1993 a 1998	9 ⁽¹⁾	1600	35,04	238,0	Schick et al. (2000)
Cambissolo Húmico aluminico	SC	1999 a 2001	9 ⁽¹⁾	1600	23,43	93,5	Guadagnin et al. (2005)
Cambissolo Háplico distrófico	MG	1998 a 2002	15	1529,7	205,65	371,04	Silva et al. (2005)
Latossolo Vermelho distroférico	MG	1998 a 2002	12	1529,7	14,90	114,08	Silva et al. (2005)
Latossolo Vermelho-Amarelo	MG	2002 a 2004	32,5	1100,5	9,3	60,43	Pires et al. (2006)

⁽¹⁾ Declividade ajustada. ⁽²⁾ Precipitação média durante o período do experimento.

Os estudos que determinaram as perdas de terra e água no solo sem cobertura foram realizados em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho distroférico de São Paulo; em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, Neossolo Litólico eutrófico e Luvissolo Crômico de Pernambuco; em Argissolo Vermelho distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho distrófico do Rio Grande do Sul; em Latossolo Vermelho distrófico do Paraná; em Latossolo Vermelho álico do Distrito Federal; em Argissolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico da Paraíba; em Latossolo

Vermelho álico do Mato Grosso do Sul; em Cambissolo Húmico distrófico e Cambissolo Húmico alumínico de Santa Catarina; e em Cambissolo Háplico distrófico, Latossolo Vermelho eutroférico e Latossolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais.

Independente da declividade, as perdas de terra ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) no Latossolo Vermelho variaram de 6,92 a 151,32, e as de água de 40,33 a 190,9. No Latossolo Vermelho-Amarelo as perdas de terra variaram de 8,1 a 9,3, e as de água de 16,2 a 60,43. No Argissolo Vermelho as perdas de terra variaram de 53,35 a >257,36, e as de água de 130,0 a 261,1. No Argissolo Vermelho-Amarelo as perdas de terra variaram de 81,37 a 344,8, e as de água de 278,3 a 598,7. No Cambissolo Húmico as perdas de terra variaram de 23,43 a 94,83, e as de água de 93,5 a 238. No Cambissolo Háplico a perda de terra foi de 205,65 e a de água 371,04. No Luvisolo Crômico a perda de terra foi de 5,52 e a de água 444,96. No Neossolo Litólico a perda de terra foi de 29,11. De modo geral, os resultados confirmam a menor suscetibilidade dos Latossolos a erosão.

Esses dados são úteis na comparação da eficiência das diferentes práticas conservacionistas e sistemas de manejo no controle das perdas de terra e água por erosão.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos mais de 60 anos de pesquisas experimentais em erosão do solo no Brasil, foram medidas as perdas e os danos gerados pelo processo erosivo, para conhecer, desenvolver e testar práticas agrícolas e sistemas de manejo, visando reduzir ou minimizar as perdas de terra e água. Inicialmente, diversas práticas conservacionistas foram testadas, sendo que os resultados obtidos serviram de base para realização de pesquisas em sistemas de manejo como PM e PD, contribuindo, assim, com a adoção e consolidação desses.

Com base nos resultados dos estudos sistematizados, tanto o PD, de forma mais contundente, quanto o PM, se consolidaram como manejos agrícolas que, de maneira geral, promovem à diminuição do revolvimento do solo e a garantia da manutenção de cobertura vegetal viva e/ou morta sobre o mesmo. Com isso, esses têm se mostrando eficientes no controle das perdas de terra, em maior grau, e de água pelo processo de erosão do solo, conforme os resultados desta pesquisa.

Os resultados refletem de forma clara que o PD é o sistema de manejo que melhor controla a erosão, seguido pelo PM. O esquema que melhor reflete as perdas de terra e água é: PC>PM>PD – embora, muitas vezes, o PM apresente menores perdas de água. Além disso, indicam que a adoção de práticas conservacionista, seja ela de caráter mecânico, edáfico ou vegetativo, também possibilitam a minimização de perdas por erosão.

De modo geral, percebe-se que embora no Brasil a experimentação em erosão do solo apresente mais de 60 anos, é importante refletir o que já foi feito, se o volume de dados para cada cultura, local, tipo de solo, declividade e sistema de manejo, é suficiente para tomada de decisões. Além disso, é importante se pensar onde se encontram os gargalos nas pesquisas e qual o direcionamento que estas deverão ter uma vez que se observa que as pesquisas em parcelas de erosão, com chuva natural, publicadas, são resultado de no máximo 16 anos de experimentação.

Essas pesquisas de base, cujos resultados são de extrema importância para a tomada de decisões dos agentes sociais, precisam ter continuidades. O sistema de PD que se consolidou nas últimas décadas ainda precisa ser analisado quanto às perdas de água, estudos precisam ser desenvolvidos testando outras culturas, tipos de solo e em regiões onde essas pesquisas são incipientes ou inexistentes.

Da consolidação dessas pesquisas depende o avanço do manejo e da conservação do solo e da água no Brasil.

5 ARTIGO C

PERDAS E CUSTOS DE NUTRIENTES CARREADOS PELA EROÇÃO HÍDRICA EM DIFERENTES TAXAS DE COBERTURA DO SOLO

5.1 RESUMO: A erosão hídrica é uma das principais formas de degradação dos solos agrícolas no Brasil, gerando perdas de água, terra, matéria orgânica e nutrientes, acarretando maiores custos à produção. A cobertura do solo é de grande importância para o controle da erosão e conseqüentemente para minimizar possíveis prejuízos econômicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar os custos da erosão hídrica associados às perdas de água, terra, matéria orgânica e nutrientes, em quatro taxas de cobertura artificial do solo. O estudo foi realizado em um experimento, conduzido de 1987 a 1996, em talhões coletores de perdas por erosão, no município de Campinas, SP, em um Latossolo Vermelho distroférrico, sob chuva natural. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos (taxas de cobertura do solo: 0%, 11%, 18% e 30%) e três repetições. Para estimar os custos, os teores dos nutrientes na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão foram somados, convertidos em fertilizantes comerciais e multiplicados por seus preços de mercado. Os resultados mostram que, nas condições experimentais, quanto maior o percentual de cobertura do solo, menores as perdas de água, terra e nutrientes, sendo que uma taxa de cobertura de 38% controlaria totalmente essas perdas e os custos gerados por elas. Em comparação ao solo com 0% de cobertura, aquele com 30% reduziu as perdas médias de água em 45,28%, as de terra em 47,79% e as matéria orgânica em 44,52%. Com relação aos custos, estes variaram de R\$ 68,22, no solo com 0% de cobertura, a R\$ 29,01, no solo com 30%, referentes as perdas de, respectivamente, 12,10 kg e 5,74 kg de superfostato triplo, 8,03 kg e 3,40 kg de cloreto de potássio e 495,16 kg e 179,71 kg de calcário dolomítico, por ha⁻¹ ano⁻¹. Com base nos resultados obtidos verifica-se a importância da cobertura do solo no controle da erosão e na redução dos custos econômicos associado a esse processo.

Palavras-chave: Perdas de terra. Perdas de água. Perdas de nutrientes. Valoração econômica. Cobertura do solo.

ABSTRACT: Water erosion is the most prominent form of agricultural land degradation in Brazil, generating water, soil, organic matter and nutrient losses, and causing a increase in production costs. Soil cover has a major role to control erosion and, as a consequence, to minimize potential economic losses. Thus, the aim of this study was to estimate the costs of erosion associated with water, soil and nutrients (P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺) losses at four rates of soil simulated cover. The study was conducted in an experimental field in Campinas, SP, from 1987 to 1996, in a group of twelve runoff plots set up in a Rhodic Hapludox, under natural rainfall. The experimental design was completely randomized with four treatments (soil cover rates of 0%, 11%, 18% e 30%) and three repetitions. To estimate the costs of losses, the levels of nutrients in runoff and soil erosion were totalized, converted to commercial fertilizers and then multiplied by their market prices. The results show that in experimental conditions the higher the percentage of soil cover, the less water, soil, organic matter, and nutrients losses by erosion, with a 38% rate of cover being sufficient to completely neutralize losses and costs. In comparison to the soil without coverage (0 %), that with 30% coverage had its average loss of water reduced by 45.28 %, of soil by 47.79 % and of organic matter by 44.52%. Regarding to the estimated costs of soil erosion, they ranged from R\$ 68,22, in soil with 0% coverage, to R\$ 38,23, in soil with 30 % coverage referring to, respectively, losses of 25.40 and 15.74 kg of triple superphosphate, 9.36 and 5.68 kg of potassium chloride and 395.08 and 181.73 kg of dolomitic lime, per ha⁻¹ yr⁻¹. These results corroborate the importance of soil cover to control erosion in any production system and to reduce the costs associated with this process.

Keywords: Soil loss. Water loss. Nutrient loss. Economic valuation. Land cover.

5.2 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é uma das principais formas de degradação dos solos agrícolas no Brasil. Um processo que ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição de partículas. Além da água da enxurrada e das partículas de solo em suspensão, no escoamento superficial são transportados nutrientes e matéria orgânica.

A ocorrência de processos erosivos é determinada, entre outros, por fatores como erosividade da chuva, erodibilidade do solo e cobertura vegetal, sendo a cobertura do solo, fator de grande importância no controle da erosão hídrica.

A utilização dos resíduos culturais como cobertura do solo é uma maneira simples e eficaz de controlar a erosão em áreas cultivadas (MEYER et al., 1970; BERTOL et al., 1997; MORAES & COGO, 2001; BERTOL et al., 2007), visto que apresenta capacidade de dissipação da energia erosiva das gotas de chuva, minimizando o processo de desagregação e de selamento superficial do solo,

contribuindo para o aumento da infiltração de água no solo e conseqüente redução das perdas de água, terra, matéria orgânica e nutrientes.

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia dos preparos conservacionistas, com vista à manutenção de resíduos culturais cobrindo o solo, no controle da erosão, com reduções de 50% a 100% nas perdas de terra, em relação ao preparo convencional (BERTOL et al., 1997; BERTOL et al., 2007; MORAES & COGO, 2001). Entre os preparos conservacionistas mais investigados, as perdas de terra na semeadura direta têm, de modo geral, sido menores do que nos preparos convencional e reduzido (ELTZ et al., 1984a; ELTZ et al., 1984b; BERTOL et al. 2007; PUGLIESI et al., 2011), devido ao maior percentual de cobertura e ao menor revolvimento do solo. Para Lopes et al., (1987) e Machado e Silva (2001), sistemas com índices de cobertura do solo superiores a 30% nos períodos de cultivo e pousio podem ser considerados como conservacionistas.

As principais conseqüências da erosão hídrica são as perdas de água, terra e nutrientes e os custos gerados por essas. Estudar esse fenômeno é de extrema importância visto que: a água doce é um recurso natural escasso que tem se tornado cada vez mais caro; a perda gradativa das camadas de terra podem tornar os solos improdutivos (PIERCE et al., 1983; PIMENTEL et al., 1995; LAL, 1998); e os gastos com fertilizantes representam entre 20% e 41% dos custos de produção em culturas como a soja, o milho e o trigo (MATSON et al., 1998; ASTRO et al., 2006; CAVALETT; ORTEGA, 2009; SOUZA et al., 2012) e o volume de insumos aplicados em uma safra, que podem ser “lavados” pela água da chuva, podem representar mais de 50% desses, tendo um impacto considerável sobre as despesas e receitas dos agricultores. Além dos custos associados as perdas de nutrientes existem, por exemplo, despesas com os reparos dos danos gerados pela erosão nos estabelecimentos agrícolas e com horas de trabalho e de maquinário (por exemplo, com o replantio das culturas e com a manutenção de terraços).

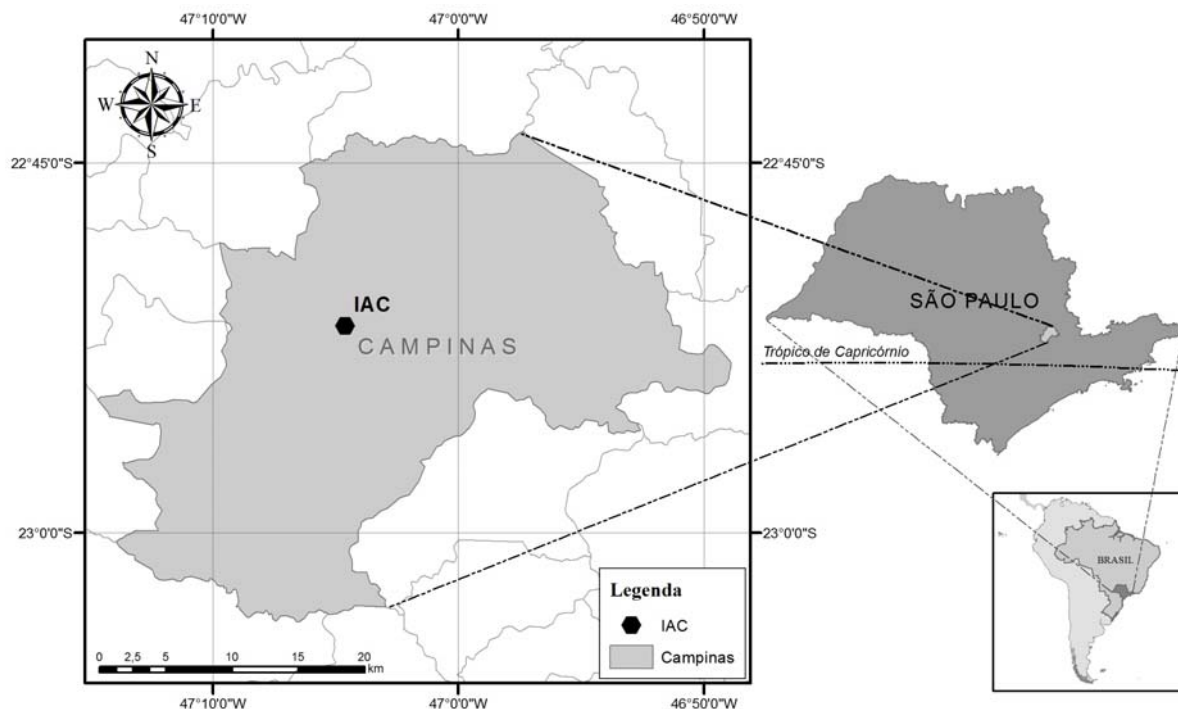
No Brasil, a associação das perdas físicas geradas pelo processo erosivo aos seus aspectos econômicos não é algo novo, no entanto esta abordagem foi tratada em poucos estudos, como nos de Marques et al. (1961), Sorrenson e Montoya (1989), Martin et al. (1991), Marques (1998), Rodrigues (2005), Bertol et al. (2007), Sarcinelli et al. (2009), Dantas e Monteiro (2010), Pugliesi et al. (2011), Andrade et al. (2011). Ademais, embora os resultados dessas pesquisas apresentem apenas uma parte dos custos gerados pelo processo de erosão do solo, que de

acordo com Crosson (1995) são relativamente pequenas em relação ao custo total, elas possibilitam aos vários agentes sociais (produtores rurais, pesquisadores, acadêmicos e governantes) visualizarem, de forma mais clara, os efeitos da erosão do solo. Isso porque, quando se apresentam cifras monetárias “todos” são capazes de compreender o impacto de um fenômeno como o da erosão do solo, podendo, ser considerado um aspecto importante na formação da opinião pública, bem como na decisão da adoção de práticas de manejo com vista à conservação do solo e da água.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo estimar os custos da erosão associados às perdas de água, terra e nutrientes, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados de experimento conduzido entre 1987 e 1996, no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo (IAC), no município de Campinas, estado de São Paulo, Brasil (22°51'S e 47°4'W; 630 m de altitude) (Figura 1), em um Latossolo Vermelho distroférico típico (classificado de acordo com Santos et al., 2006). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente. A precipitação média anual é de 1.430 mm e a temperatura média é de 20,5 °C (SETZER, 1966). A média anual da erosividade é de 6.738 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, com 62% do potencial de erosão anual ocorrendo durante o período de dezembro a fevereiro (LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992).

Figura 1 Localização da área de estudo

A área onde se realizou o experimento é utilizada para estudos em erosão do solo desde 1943, sendo que seu histórico encontra-se descrito em Marques (1951), Marques et al. (1961) e Tengberg et al. (1997).

Na Tabela 5.1 são apresentados os valores médios, de agosto de 1987, de alguns atributos químicos do solo, antes do início do experimento, sendo que as análises químicas foram realizadas em amostras de solo compostas, coletadas na profundidade 0-0,20 m, seguindo os procedimentos descritos por Quaggio e van Raij (1979) e por van Raij e Quaggio (1983).

Tabela 5.1 Valores, de agosto de 1987, de alguns atributos químicos do solo, antes do início do experimento.

Cobertura (%)	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V (%)
0	5,40	38,33	11,00	29,67	40,67	16,33	2,60	89,27	67
11	5,33	39,67	6,33	32,33	40,33	17,33	2,40	92,40	65
18	5,37	33,00	5,33	27,33	37,67	17,67	2,23	84,90	68
30	4,73	36,67	9,67	29,33	42,33	17,00	3,00	91,67	68

MO – matéria orgânica. CTC – capacidade de troca de cátions. V – saturação por bases.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos representaram quatro taxas de cobertura do solo: 0%, 11%, 18% e 30%. Nas áreas experimentais o solo foi mantido

nu e capinado. No tratamento 0% de cobertura ele foi mantido totalmente descoberto. Naquele com 11% de cobertura, 2/5 do talhão foram mantidos descobertos e 3/5 cobertos com sombrite de 18%. Nos outros dois tratamentos, 18% e 30% de cobertura, utilizaram-se sombrites 18% e 30% em todo o talhão.

Os talhões têm 100 m², 25 m de comprimento por 4 m de largura, com declividade média de 9%. O sistema coletor de enxurrada é composto por dois tanques de concreto, separados por um divisor do tipo “Geib”, onde é feita a coleta de 1/7 da mesma. A área experimental não recebeu nenhum fertilizante no período analisado, e a vegetação espontânea foi arrancada manualmente.

Depois de cada chuva (sendo que nesse estudo foram consideradas apenas aquelas com volumes de 40 mm ou mais), ao longo do período do experimento, os tanques de armazenamento eram esvaziados para quantificação das perdas de água e terra, seguindo procedimento descrito por Bertoni (1949). Além disso, foram determinados os teores de MO e de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺ na terra carregada pela erosão e os teores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na água da enxurrada. A MO foi determinada pelo método colorimétrico (QUAGGIO; van RAIJ, 1979). Os teores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram determinados com resina de troca iônica, sendo a de P realizada pelo método colorimétrico, K⁺ pela fotometria de chama, e Ca²⁺ e Mg²⁺ pela espectrofotometria de absorção atômica (van RAIJ; QUAGGIO, 1983). Os teores de Cu²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺ foram determinados por ICP-OES, após extração pelo método do DTPA pH 7,3.

Para estimar os custos das perdas dos nutrientes, com base nas perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, os teores destes na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão foram somados e convertidos em fertilizantes comerciais. O P foi expresso na forma de superfostato triplo (P₂O₅, 42 %), o K⁺ na forma de cloreto de potássio (KCl, 60 %) e o Ca²⁺ e Mg²⁺ na forma de calcário dolomítico [CaMg(CO₃)₂, 38 %].

Os preços pagos pelos produtores por esses fertilizantes foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA) do estado de São Paulo. Consideraram-se para estimativa dos custos cotações de março de 2011. No levantamento, o valor considerado para tonelada do superfostato triplo foi de R\$ 1.117,12, do cloreto de potássio R\$ 1.520,64 e do calcário dolomítico R\$ 47,67.

O cálculo dos custos foi feito com base na Equação 1:

$$C = \sum_{i=1}^m (Q_{im} P_{im}) \quad [1]$$

sendo: C os custos da erosão do solo referentes as perdas dos nutrientes avaliados (P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺); Q_i a quantidade dos diferentes fertilizantes carregados pela erosão do solo; P_i o preço por tonelada dos diferentes tipos de fertilizantes e; m os diferentes fertilizantes (superfosfato triplo, cloreto de potássio e calcário dolomítico).

Os resultados das perdas de água, terra, MO e nutrientes e as estimativas dos custos para as taxas de cobertura do solo, foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5.2 constam os valores das perdas médias anuais de água, terra e MO por erosão hídrica, entre 1987 e 1996, em função de taxas de cobertura do solo (0%, 11%, 18% e 30%).

Tabela 5.2 Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de água, terra e matéria orgânica (MO) por erosão hídrica, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

Cobertura (%)	Água (mm)		Terra		MO	
				(kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)		
0	27,76	±4,03	171,58	±45,88	3622,90	±234,70
11	26,64	±2,62	175,94	±5,62	3779,83	±268,44
18	25,32	±2,38	156,46	±19,04	3783,43	±430,69
30	12,57	±3,30	82,00	±22,17	2010,03	±498,98
Regressão	y=27,52+0,30x-0,026x ²		y=171,56+2,37x-0,18x ²		y=3581,49+82,23x-4,45x ²	
R ²	0,92 [*]		0,86 [*]		0,91 [*]	

MO – matéria orgânica. ^{*} p≤0,01.

Redução das perdas de água (54,72%), de terra (52,21%) e de MO (44,52%), foram observadas na comparação entre tratamentos com 0% e 30% de cobertura. Entre os tratamentos com 0% e 18% de cobertura houve redução das perdas de água (8,79%), terra (8,81%) e um aumento das perdas de MO (4,43%). Entre os tratamentos com 0% e 11% de cobertura houve redução das perdas de água (4,03%) e aumento das perdas de terra (2,54%) e MO (4,33%). Com base no modelo de regressão quadrática, verificou-se que a taxa de cobertura necessária

para neutralizar essas perdas seria de aproximadamente 38%, nas condições experimentais (Tabela 5.2). Já de acordo com Machado e Silva (2001), índices de cobertura do solo com resíduos vegetais de 30% ou mais caracterizam sistemas de manejo conservacionistas, como o plantio direto, com capacidade de controlar a erosividade da chuva.

Menores perdas de água e terra também foram constatadas por Cassol e Lima (2003) e Cassol et al. (2004), que determinaram, em sistema sem preparo do solo (100% de cobertura) perdas dez vezes menores quando comparadas às do solo descoberto (0% de cobertura). Bertol et al. (2007), verificaram que a semeadura direta na palha, por proporcionar maior taxa de cobertura ao solo, promoveu redução de 57% nas perdas de água e de 88% nas de terra, em comparação ao preparo convencional.

Segundo Leite et al. (2009) as perdas de água, de modo geral, têm sido variadas e bem menos influenciadas pela cobertura que as perdas de terra. Os resultados de perda de água não têm apresentado um padrão, sendo observadas perdas de água maiores, ora no preparo convencional, ora no preparo reduzido e na semeadura direta, ou mesmo semelhantes entre os diferentes sistemas. Esses eventos, segundo os autores, estão relacionados ao regime de chuva, tipo de solo, topografia, sequência e rotação de culturas utilizada no manejo do solo.

Assim, a cobertura permanente do solo e a consolidação e estabilização de sua estrutura, não constituem condição *sine qua non* para controlar a erosão hídrica, pois ainda que a cobertura do solo tenha a capacidade de dissipar a energia cinética da chuva, atuando na redução da velocidade do escoamento superficial e na capacidade erosiva da enxurrada, há limites críticos de comprimento do declive em que essa eficiência pode ser superada, não eliminando a possibilidade de haver perdas pela erosão hídrica.

Na Tabela 5.3 são apresentadas as perdas médias de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão e o total dessas perdas.

Tabela 5.3 Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

Cobertura (%)	P		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	(kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)							
	Na água da enxurrada							
0	0,46	±0,26	1,10	±0,79	2,83	±1,80	0,62	±0,34
11	0,33	±0,06	0,78	±0,27	4,42	±3,10	0,45	±0,14
18	0,21	±0,00	0,42	±0,15	1,07	±0,21	0,29	±0,01
30	0,16	±0,02	0,28	±0,14	0,56	±0,22	0,16	±0,06
Regressão	y=23,69+0,49x-0,03x ²		y=1,12-0,04x+0,001x ²		y=3,67-0,1x		y=0,61-0,2x	
R ²	0,71**		0,66***		0,50***		0,75	
	Na terra carregada pela erosão							
0	4,83	±1,86	3,13	±1,63	81,68	±33,27	23,20	±8,48
11	5,49	±1,19	3,02	±0,12	80,82	±13,05	27,18	±2,70
18	3,90	±1,32	2,26	±1,09	66,10	±3,72	20,35	±2,25
30	2,35	±0,85	1,41	±0,58	35,65	±8,86	10,56	±2,61
Regressão	y=4,95+0,06x-0,005x ²		y=3,34-0,06x		y=89,34+1,58x		y=23,69+0,49x-0,03x ²	
R ²	0,69**		0,61**		0,72*		0,82*	
	Total							
0	5,28	±2,09	4,23	±2,37	84,51	±33,14	23,82	±8,78
11	5,82	±1,19	3,80	±0,39	85,25	±15,96	27,64	±2,83
18	4,11	±1,32	2,68	±1,24	67,17	±3,64	20,64	±2,25
30	2,51	±0,85	1,69	±0,72	36,21	±9,04	10,72	±2,67
Regressão	y=5,93-0,10x		y=4,41-0,09x		y=85,37+0,44-0,10x ²		y=24,31+0,46-0,03x ²	
R ²	0,64**		0,64**		0,78*		0,82*	

* $p \leq 0,01$. ** $p \leq 0,05$.

Os diferentes percentuais de cobertura do solo (0%, 11%, 18% e 30%), apresentaram diferentes volumes de perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na água da enxurrada e na terra carregada pela erosão (Tabela 5.3). Sendo o montante das perdas menor na água da enxurrada e maior nos sedimentos da erosão. Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes Filho et al. (1987), Bertol et al. (1989), Bertol (1994), Alves et al. (1995) e Bertol et al. (2007). Entretanto, Hernani et al. (1999), encontrou maiores concentrações de Ca²⁺ e Mg²⁺ na água da enxurrada e maiores concentrações de P e de K⁺ na terra carregada pela erosão.

De modo geral, observa-se que a amplitude do erro padrão foi menor nas perdas associadas à água da enxurrada e maior naquelas associadas à terra carregada pela erosão, indicando que as perdas de terra e dos nutrientes carregados junto a estas apresentam maior suscetibilidade à erosão hídrica em função da cobertura do solo.

Na água da enxurrada, comparando o solo com 0% de cobertura àquele com 30%, o segundo apresentou perdas menores de P (65,22%), K⁺ (74,55%), Ca²⁺ (80,21%) e Mg²⁺ (74,19%). No solo com taxa de 0% de cobertura,

em relação ao solo com 18%, também se verificou menores perdas de P (54,35%), de K^+ (61,82%); de Ca^{2+} (62,19%) e de Mg^{2+} (53,23%). No solo com taxa de 0% de cobertura, em comparação ao solo com 11%, foram apuradas perdas menores de P (28,26%) e K^+ (29,10%) e maiores de Ca^{2+} (56,18%) e Mg^{2+} (27,42%).

Assim, como no trabalho de Lopes et al. (1987), quando o solo apresentava um percentual de 30% de cobertura perdas por erosão foram reduzidas. Além disso, o maior percentual de cobertura do solo determinou menores teores de nutrientes perdidos na água da enxurrada.

A tendência de perdas de nutrientes na água da enxurrada foi a seguinte: $Ca^{2+} > K^+ > Mg^{2+} > P$. Esse resultado é semelhante aqueles encontrados por Hernani et al. (1999), que avaliaram perdas de nutrientes em um Latossolo Vermelho distroférico de Dourados, MS e por Silva et al. (2005), que avaliaram perdas de nutrientes em um Latossolo Vermelho distroférico típico de Lavras, MG.

Com relação às perdas de nutrientes nos sedimentos da erosão, se comparados o solo com 0% de cobertura ao solo com 30%, constata-se que o segundo gerou perdas 51,35% menores de P, 54,95% de K^+ , 56,35% de Ca^{2+} e 54,48% de Mg^{2+} . Na comparação do solo com 0% de cobertura aquele com 18%, as perdas P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} foram, respectivamente, 19,25%, 27,80%, 19,07 e 12,22% menores. Na comparação do solo com 0% de cobertura aquele com 11%, as perdas P e Mg^{2+} foram, respectivamente, 13,66% e 17,16% maiores, e as K e Ca^{2+} foram, respectivamente, 3,51% e 1,05% menores.

No caso das perdas totais de P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , na comparação dos tratamentos com 0% de cobertura e com 30%, o segundo gerou perdas, respectivamente, 52,46%, 60,05%, 57,15% e 55% menores. Na comparação do tratamento com 0% de cobertura ao de 18%, as perdas P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} foram, respectivamente, 22,16%, 36,64%, 20,22% e 13,55% menores. Por fim, na comparação do tratamento com 0% de cobertura ao de 11%, as perdas P, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram, respectivamente, 10,23%, 0,88% e 16,04% maiores, enquanto que as perdas de K foram 10,17% menores.

A tendência de perdas de nutrientes nos sedimentos da erosão foi a seguinte: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > P > K^+$. A perda total dos nutrientes, ou seja, a soma das perdas na água da enxurrada e nos sedimentos da erosão obedeceu a ordem: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > P > K^+$, para as taxas de cobertura 0%, 11%, 18% e 30 %.

Na Tabela 5.4 são apresentados as perdas médias de Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} na terra carregada pela erosão.

Tabela 5.4 Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} na terra carregada pela erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

Cobertura	Cu^{2+}		Fe^{3+}		Mn^{2+}		Zn^{2+}	
(%)	(kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)							
0	0,98	±0,34	1,47	±0,24	19,34	±9,20	0,23	±0,07
11	1,09	±0,26	1,41	±0,19	21,81	±7,21	0,45	±0,10
18	0,80	±0,08	1,39	±0,13	13,96	±4,26	0,36	±0,03
30	0,50	±0,09	0,72	±0,12	7,30	±3,85	0,29	±0,12
Regressão	y=1,59+0,30x-0,01x ²		y=1,60-0,02x		y=19,96+0,16-0,20x ²		y=0,25+0,02-0,00x ²	
R ²	0,35***		0,77*		0,68**		0,66***	

* p≤0,01. ** p≤0,05. *** p≤0,10.

Na terra carregada pela erosão, comparando o solo com 30% de cobertura àquele com 0%, o primeiro apresentou perdas menores de Cu^{2+} (48,98%), Fe^{3+} (51,02%) e Mn^{2+} (62,25%), e maiores de Zn^{2+} (26,09%). No solo com taxa de 18% de cobertura, em relação ao solo com 0%, também se verificou menores perdas de Cu^{2+} (18,37%), Fe^{3+} de (5,44%) e de Mn^{2+} (27,82%), e maiores de Zn^{2+} (56,52%). No solo com taxa de 11% de cobertura, em comparação ao solo com 0 %, foram apuradas perdas menores de Fe^{3+} (4,08%) e maiores de Mn^{2+} (12,77%), Cu^{2+} (11,22%) e Zn^{2+} (95,65%).

Na terra carregada pela erosão, comparando o solo com 30% de cobertura àquele com 0%, o primeiro apresentou perdas, em kg ha⁻¹ ano⁻¹, menores de Cu^{2+} (48,98%), Fe^{3+} (51,02%) e Mn^{2+} (62,25%), e maiores de Zn^{2+} (26,09%). No solo com taxa de 18% de cobertura, em relação ao solo com 0%, também se verificou menores perdas de Cu^{2+} (18,37%), Fe^{3+} de (5,44%) e de Mn^{2+} (27,82%), e maiores de Zn^{2+} (56,52%). No solo com taxa de 11% de cobertura, em comparação ao solo com 0 %, foram apuradas perdas menores de Fe^{3+} (4,08%) e maiores de Mn^{2+} (12,77%), Cu^{2+} (11,22%) e Zn^{2+} (95,65%).

Na Tabela 5.5 são apresentadas as perdas médias de P expressas em superfosfato triplo (P_2O_5 , 42%), as de K^+ em cloreto de potássio (KCl, 60%) e as de Ca^{2+} e Mg^{2+} em calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 38%], tanto na água da enxurrada quanto nos sedimentos da erosão, sendo também apresentados os teores totais.

Tabela 5.5 Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão das perdas de superfosfato triplo (P_2O_5 , 42 %), cloreto de potássio (KCl, 60 %) e calcário dolomítico [$CaMg(CO_3)_2$, 38 %], na água da enxurrada e nos sedimentos da erosão, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

Cobertura	P_2O_5	KCl		$CaMg(CO_3)_2$		
		(kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
			Água da enxurrada			
0	1,05	±0,61	2,22	±1,59	10,86	±7,17
11	0,76	±0,15	1,57	±0,55	7,76	±2,62
18	0,48	±0,00	0,83	±0,31	4,33	±1,12
30	0,37	±0,05	0,57	±0,28	2,28	±1,74
Regressão	$y=1,01-0,02x$		$y=2,14-0,06x$		$y=10,67-0,30x$	
R ²	0,70*		0,65**		0,70*	
			Na terra carregada pela erosão			
0	11,05	±4,27	5,81	±3,64	484,30	±130,71
11	12,90	±2,21	5,67	±0,94	411,94	±63,80
18	8,94	±3,03	4,55	±2,18	393,33	±86,08
30	5,38	±1,96	2,83	±1,17	177,43	±44,00
Regressão	$y=166,08+82,23x+82,85x^2$		$y=6,24-0,10x$		$y=478,27-0,30x-0,32x^2$	
R ²	0,70**		0,57**		0,84*	
			Total (água da enxurrada + sedimentos da erosão)			
0	12,10	±4,79	8,03	±5,17	495,16	±135,21
11	13,66	±2,20	7,23	±1,47	419,70	±66,43
18	9,41	±3,03	5,38	±2,49	397,65	±85,43
30	5,74	±1,96	3,40	±1,46	179,71	±45,73
Regressão	$y=11,38+0,15x-0,01x^2$		$y=8,38-0,16x$		$y=489,30-0,70x-0,31x^2$	
R ²	0,71**		0,57**		0,84*	

* $p \leq 0,01$. ** $p \leq 0,05$.

Considerando os dados de perdas de P_2O_5 , KCl e $CaMg(CO_3)_2$, na água da enxurrada e nos sedimentos da erosão, constata-se que quanto maior a taxa de cobertura do solo, menores são as perdas.

As perdas de P_2O_5 foram menores na água da enxurrada do que nos sedimentos da erosão. Na água da enxurrada o solo com 30% de cobertura teve as perdas deste elemento reduzidas em 64,76%, em relação ao solo com taxa de 0%. Para as taxas de 18% e 11% de cobertura, em comparação ao solo com 0%, as perdas foram reduzidas em, respectivamente, 54,29% e 27,62%. Já nos sedimentos da erosão essas perdas foram reduzidas em 51,31% e 19,10% para as taxas de cobertura de 30% e 18%, em comparação ao solo com 0% e ampliadas em 16,74% na comparação entre as coberturas 11% e 0%

Com relação ao KCl, perdas inferiores também ocorreram na água de enxurrada se comparadas as dos sedimentos da erosão. Em comparação ao solo com 0% de cobertura, as perdas na água de enxurrada foram 29,28%, 62,61% e 74,33% menores para as coberturas com 11%, 18% e 30%, respectivamente. Na

mesma comparação, as perdas nos sedimentos da erosão foram 27,28%, 62,62% e 51,29%.

As perdas de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ seguiram a mesma tendência, ou seja, na água de enxurrada, comparadas ao solo 0% de cobertura, foram 79,01% menores naquele com 30 %, 60,13% com 18 % e 28,55 com 11 %. Nos sedimentos da erosão, seguindo a mesma relação, as diferenças foram respectivamente de 63,37%, 18,78% e 14,94%.

Na Tabela 5.6 são apresentados os custos da erosão do solo associados às perdas dos nutrientes, na forma de superfosfato triplo (P_2O_5 , 42%), cloreto de potássio (KCl, 60%) e calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 38%], em $\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Tabela 5.6 Médias anuais com os valores de erro padrão e regressão dos custos da erosão do solo associados às perdas de P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , expressas na forma de superfosfato triplo (P_2O_5 , 42%), cloreto de potássio (KCl, 60%) e calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 38%], em $\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, entre 1987 e 1996, em função de quatro taxas de cobertura do solo.

Cobertura	P_2O_5 (42 %)	KCl (60 %)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (38 %)	Total
	($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)			
0	32,41 ±13,10	12,21 ±7,87	23,60 ±6,44	68,22 ±24,15
11	33,54 ±10,56	11,00 ±2,24	20,01 ±3,16	64,54 ±15,90
18	25,04 ±80,7	8,19 ±3,78	18,96 ±4,07	52,18 ±10,06
30	15,28 ±5,21	5,17 ±2,21	8,57 ±2,18	29,01 ±9,34
Regressão	$y=35,56-0,61x$	$y=12,74-0,24x$	$y=23,32-0,03x-0,01x^2$	$y=68,64-0,06x-0,05x^2$
R^2	0,62**	0,57**	0,84*	$R^2=0,76^{**}$

* $p \leq 0,01$. ** $p \leq 0,05$.

De forma geral, os custos associados às perdas de P_2O_5 foram os que mais influenciaram nos valores apurados, seguidos pelos de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ e KCl.

Os custos gerados pelas perdas de P_2O_5 , KCl e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ no solo com 0% de cobertura totalizaram $\text{R\$ } 68,22 \text{ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Deste montante, 47,51% correspondem ao P_2O_5 , 17,90% ao KCl e 34,59% ao $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

No solo com 11% de cobertura esse custo foi de $\text{R\$ } 64,55 \text{ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, sendo que as perdas de P_2O_5 , KCl e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ corresponderam, respectivamente, a 51,96%, 17,04% e 31% do custo. No solo com 18% de cobertura o custo total foi de $\text{R\$ } 52,18 \text{ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, sendo que as perdas de P_2O_5 , KCl e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ contribuíram, respectivamente, com 47,98%, 15,69% e 36,33% desse valor. No solo com 30% de cobertura o custo total foi de $\text{R\$ } 29,01 \text{ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, sendo que as perdas

P_2O_5 , KCl e $CaMg(CO_3)_2$ contribuíram, respectivamente, com 52,67%, 17,82% e 29,54% do total.

Os maiores custos ocorreram no solo com 0% de cobertura (totalizando R\$ 68,22), apresentando uma diferença de, respectivamente, R\$ 3,68, R\$ 16,04 e R\$ 39,21 por $ha^{-1} ano^{-1}$ para os solos com 11%, 18% e 30% de cobertura. No solo com 11% de cobertura essa diferença foi de, respectivamente, R\$ 12,36 e R\$ 35,53, por $ha^{-1} ano^{-1}$ para os solos com 18% e 30% de cobertura. A diferença dos custos entre os solos com 18% e 30% de cobertura foi de R\$ 23,17 $ha^{-1} ano^{-1}$.

Ademais, com base no modelo de regressão quadrática, para as condições experimentais, pode-se afirmar que se este mesmo solo estivesse com uma cobertura de 36% não haveria custos associados as perdas de nutrientes (Tabela 5.6).

Esses resultados se apresentam próximos aos de Bertol et al. (2007), que compararam os custos da erosão do solo associados as perdas dos fertilizantes superfosfato triplo, cloreto de potássio e calcário dolomítico em três sistemas de manejo em um Cambissolo Húmico alumínico léptico. Nesse estudo os autores encontraram valores de R\$ 62,35 $ha^{-1} ano^{-1}$ para o preparo convencional, R\$ 40,83 para o preparo mínimo e R\$ 37,08 na semeadura direta.

Pugliesi et al. (2011) encontraram menores custos relacionados às perdas de fertilizantes uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho distroférico típico, A moderado, relevo ondulado, também, no plantio direto (R\$ 41,40 $ha^{-1} ano^{-1}$).

Os resultados indicam que quanto maior o percentual de cobertura do solo, menores serão os custos da erosão associados às perdas de água, solo e nutrientes. Isso indica que a manutenção da cobertura do solo não só continua sendo uma prática essencial para minimizar os efeitos da erosão dos solos agrícolas como também para redução de custos.

Além disso, é preciso ter em mente que tanto as perdas quando os custos são anuais e que esses tem um efeito cumulativo, ou seja, quanto o solo é exposto por um longo período de tempo ao processo erosivo o volume de insumos necessários para repor o que foi perdido, a fim de se restaurar a fertilidade do solo a índices que permitam obter adequada produtividade, pode ser cara e até mesmo economicamente inviável.

5.5 CONCLUSÕES

1. Em comparação ao solo com 0% de cobertura, aquele com 30% reduziu as perdas médias de água em 45,28%, as de terra em 47,79% e as de MO em 44,52%.

2. O maior percentual de cobertura do solo resultou em menores custos associados às perdas de água, terra, MO e nutrientes por erosão.

3. Nas condições desse experimento, com uma taxa de cobertura do solo de, aproximadamente, 38% não haveria perdas de água, terra e MO e com uma taxa de cobertura do solo de, aproximadamente, 36% não haveria custos associados às perdas de nutrientes.

3. Os custos da erosão do solo associadas às perdas de fertilizantes para as taxas de 0%, 11%, 18% e 30% de cobertura do solo foram de, respectivamente, R\$ 68,22, R\$ 64,55, R\$ 52,19 e R\$ 29,01 por $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

4. Os custos da erosão referentes as perdas de, respectivamente, 12,10 kg e 5,74 kg de superfostato triplo, 8,03 kg e 3,40 kg de cloreto de potássio e 495,16 kg e 179,71 kg de calcário dolomítico, por $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ variaram de R\$ 68,22 por $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ no solo com 0% de cobertura a R\$ 29,01 por $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ no solo com 30%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das consequências do uso dos solos agrícolas é a possibilidade de aumento e aceleração do processo de erosão. Essa, todavia, não é uma questão nova, vem sendo relatada na literatura desde o século XIX, sendo considerada atualmente como um dos principais problemas ambientais no Brasil.

Com base nas pesquisas em erosão do solo muito foi feito para controlar e minimizar seus efeitos. Práticas conservacionistas e sistemas de manejo foram desenvolvidas, adaptadas e aprimoradas para atender as especificidades do território brasileiro.

As pesquisas de base experimental, iniciadas na década de 40, acumulam aproximadamente 70 de experiência e de dados publicados sobre o tema. Esses, indicam que quando do uso inconsequente do solo as perdas anuais por erosão hídrica podem chegar a 344,8 t ha⁻¹ de terra e 598,7 mm de água.

Além disso, sabe-se que quanto maior for o percentual de cobertura do solo, menores serão as perdas de terra, água e nutrientes, e por consequência, menores serão os custos gerados pela erosão. Fato que revela a importância de se adotar sistema de manejo como o PD, no qual se mantém os resíduos vegetais sobre o solo.

Nesse contexto, a avaliação das perdas de terra, água e nutrientes, carregados pela erosão, em diferentes sistemas de produção agropecuária, indicam a importância da conservação do solo para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABRAMIDES NETO, J.; BORGONOVO, M. O terraceamento no combate a erosão. **O Solo**, v. 33, n. único, p. 47-63, 1941.
- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p.121-128, 2001.
- ALBUQUERQUE, R.H.; ORTEGA, A.C.; REYDON, B.P. O setor público de pesquisa agrícola no estado de São Paulo: Parte I. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 79-132, 1986.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 127-132, 1995.
- ANDRADE, A.P.; SILVA, I.F.; DINIZ, E.J.; SANTIAGO, R.D.; OLIVEIRA, P.K.B. Perdas de solo e água por erosão num Latossolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes práticas agrícolas. **Agropecuária Técnica**, v. 20, n. 1, p.14-19, 1999.
- ANDRADE, N.S.F.; MARTINS FILHO, M.V.; TORRES, J.L.R.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 539-550, 2011.
- ANJOS, J.T.; UBERT, A.A.A.; VIZZOTO, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 1, p.139-145, 1994.
- ANJOS, L.H.C.; van RAIJ, B. Indicadores de processos de degradação do solo. In: ROMEIRO, A.R. (org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas: UNICAMP, 2004. p. 87-111.
- ASTRO, S.H.; REIS, R.P.; LIMA, A.L.R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no Oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1146-1153, 2006.
- BARRETTO, A.G.O.P.; BARROS, M.G.E.; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2443-2460, 2008.
- BARRETTO, A.G.O.P.; LINO, J.S.; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1845-1854, 2009.
- BEDIAGA, B. Conciliar o útil ao agradável e fazer ciência: Jardim Botânico do Rio de Janeiro - 1808 a 1860. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 14, n. 4, p. 1131-1157, 2007.

- BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo. In: **Simpósio sobre o controle da erosão**, 2, São Paulo, 1981, Anais. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1981. p. 117-137.
- BENATTI JR., R.; BERTONI, J.; MOREIRA, C.A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 2, p. 121-123, 1977.
- BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 2, p. 267-271, 1994.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 3, p. 373-379, 1989.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.
- BERTOL, I.; MIQUELLUTI, D.J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 10, p. 1205-1213, 1993.
- BERTOL, I.; SANTOS, J.C.P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 263-267, 1995.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo Húmico alumínico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 451-461, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 545-552, 2002.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Programa estadual de bacias hidrográficas**. Campinas: CATI, 1993.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. **Bragantia**, v. 9, n. 5-8, p.147- 155, 1949.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010.
- BLANCO, H.; LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. Heidelberg: Springer, 2008.

CAMARGO, F.A.O.; ALVAREZ V., V.H.; BAVEYE, P.C. Brazilian soil science: from its inception to the future, and beyond. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 589-599, 2010.

CAMPOS FILHO, O.R.; ANDRADE, A.P.; LEPRUN, J.C.; SILVA, I.F. Avaliação de perdas de solo e de água num Podzólico Vermelho-Amarelo Orto do agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 1057-1062, 1991.

CAMPOS, P.A.J. Economia rural. **Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura**, v. 15, n. 1, p. 68-82, 1884.

CARDOSO, F.H.; PALETTO, E. **Dependência e desenvolvimento na América Latina**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 2, p. 227-234, 1990.

CARVALHO, J.C.M. **O desenvolvimento da agropecuária brasileira: da agricultura escravista ao sistema agroindustrial**. Brasília: Embrapa, 1992.

CASSOL, E.A.; CANTALICE, J.R.B.; REICHERT, J.M.; MONDARDO, A. Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. :685-690, 2004.

CASSOL, E.A.; LIMA, V.S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 117-124, 2003.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J.A.; DE MARIA, I.C.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n.3 p. 293-297, 1986b.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.10, n. 2, p. 167-171,1986a.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 8, p. 762-771, 2009.

CESAR, C.M.; MANFRINATO, H.A. O efeito anti-erosivo da vinhaça no solo. **Revista de Agricultura**, v. 24, n. 3-4, p. 75-82, 1954.

CHRISTENSEN, L.A., MAGLEBY, R.S. Conservation tillage use. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, n. 3, p. 156-157, 1983.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C.; FOSTER, G.R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 2, p. 368-373, 1984.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos – Décimo primeiro levantamento**, agosto 2011. Brasília: CONAB, 2011

DANTAS, K.P.; MONTEIRO, M.S.L. Valoração econômica dos efeitos internos da erosão: impactos da produção de soja no cerrado piauiense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 4, p. 619-633, 2010.

DANTES, M.A.M. As ciências na história brasileira. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 1, p. 26-29, 2005.

DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 263-270, 1997.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; DE CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n. 2, p. 133-137, 1981.

DEDECEK, R.A. Coberturas permanentes do solo na erosão sob condições de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 483-488, 1989.

DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S.; DE FREITAS JR., E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1986.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A. 15 de abril Dia Nacional da Conservação do Solo: a agricultura desenvolvida no Brasil é conservacionista ou não? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 10-15, 2011.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn, GTZ/IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ, 245)

DOTTO, J.M.R.; RIGUES, A.A. Efeitos do manejo do solo nas perdas por erosão. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 19, n. 1-2, p. 19-30, 1989.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M.; ABRÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 2, p. 245-249, 1984b.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, n. 1, p. 117-125, 1984a.

ELTZ, F.L.F.; COGO, N.P.; MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno avermelhado distrófico (São Jerônimo). I. Resultados do primeiro ano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 2, p. 123-127, 1977.

FARIAS, G.S. História da ciência do solo no Paraná: uma cronologia de fatos relevantes. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 1, p. 28-31, 2010.

FONSECA FILHO, I. A erosão e seus efeitos. **O Solo**, v. 25, n. 1-2, p. 33-35, 1934.

FOSTER, G.R.; JOHNSON, C.B.; MOLDENHAUER, W.C. Hydraulics of failure of unanchored cornstalk and wheat straw mulches for erosion control. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 25, n. 4, p. 940-947, 1982.

FOSTER, G.R.; WISCHMEIER, W.H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 17, n. 2., p. 305-309, 1974.

FREITAS, H.D. Sobre a necessidade de um serviço de Controle da Erosão. **Revista Ceres**, v. 2, n. 8, p. 147-153, 1940.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GILLES, L.; COGO, N.P.; BISSANI, C.A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J.C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1427-1440, 2009.

GREENLAND, D.J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator: better seed, fertilizers, zero or minimum tillage, and mixed cropping are necessary. **Science**, v. 190, n. 4217, p. 841-844, 1975.

GUANDAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

- HUDSON, N. **Soil conservation**. Ithaca: Cornell University Press, 1971.
- HUGGINS, D.R.; REGANOLD, J.P. No-Till: the quiet revolution. **Scientific American**, v. 299, n. 1, p. 70-77, 2008.
- KINNELL, P.I.A. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: a review. **Journal of Hydrology**, v. 385, n. 1-4, p. 384-397, 2010.
- LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1988. p.141-160.
- LAL, R. Managing world soils for food security and environmental quality. **Advances in Agronomy**, v. 74, p. 155-192, 2001.
- LAL, R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 17, n. 4, p. 319-464, 1998.
- LARSON, W.E.; LINDSTROM, M.J.; SCHUMACHER, T.E. The role of severe storms in soil erosion: a problem needing consideration. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 52, n. 2, p. 90-95, 1997.
- LAVÔR, J.C.N. Historiografia do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, no contexto da Fazenda Real da Lagoa Rodrigo de Freitas e seus desdobramentos. **Rodriguésia**, v. 35, n. 57, 1983.
- LEITE, M.H.S.; COUTO, E.G.; AMORIM, S.S.A.; COSTA, E.L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 689-699, 2009.
- LEVIEN, R.; COGO, N.P.; ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 73-80, 1990.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F.; PASTANA, F.I. Relação chuva-perdas por erosão. **Bragantia**, v. 31, n. 19, p. 227-234, 1972.
- LOPES, P.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.
- MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, 2001.
- MARGOLIS, E. Efeitos de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão no Podzólico Vermelho Amarelo de Glória do Goitá. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1978.

MARGOLIS, E.; DA SILVA, A.B.; JACQUES, F.O. Determinação dos fatores da equação universal das perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 2, p. 165-169, 1985.

MARGOLIS, E.; MELLO NETTO, A.V. Perdas por erosão em diferentes sistemas de plantio da mandioca. **Caderno Ômega. Série agronomia**, v.1, n. 1, p. 7-16, 1985.

MARGOLIS, E.; SILVA, A.B.; REIS, O.V. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo Litólico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 2, p. 161-164, 1985.

MARQUES, J.F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1998.

MARQUES, J.Q. A evolução e atual organização do serviço de conservação de solos nos Estados Unidos. **Revista Ceres**, v. 3, n. 13, p. 52-58, 1941.

MARQUES, J.Q.A. **Conservação do solo em cafezal**. 2. ed. São Paulo: Superintendência dos Serviços do Café, 1951b.

MARQUES, J.Q.A. Conservação do solo. **O Observador Econômico e Financeiro**, v. 24, n. 291, p. 56-64, 1960.

MARQUES, J.Q.A. Determinação de perdas por erosão. **Archivo Fitotécnico del Uruguay**, v. 4, n. 3, p. 505-556, 1951a.

MARQUES, J.Q.A. Importância do problema da conservação dos solos. **Revista Ceres**, v. 4, n. 23, p. 291-298, 1943a.

MARQUES, J.Q.A. Organização geral da Estacao Experimental de Conservacao de Solos da ESAV. **Revista Ceres**, v. 5, n. 25, p. 46-52, 1943b.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e à erosão. **Bragantia**, v. 20, n. 47, p. 403-459, 1961.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J.; BARRETO, G.B. Perdas por erosão no estado de S. Paulo. **Bragantia**, v. 20, n. 9, p. 1143-1182, 1961.

MARTIN, N.B.; MATSUNAGA, M.; VEIGA FILHO, A.A.; DONZELLI, P.L.; SALVIO NETO, J; BERTOLLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; WEILL, M.A.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BERTON, R.S.; OLIVEIRA, J.B.; CARVALHO, Y.C.; GATTI, E.V. & VIEIRA, J.L.T.M. Economia agrícola paulista: características e potencialidades. **Informações Econômicas**, v. 21, suplemento 1, p. 1-201, 1991.

MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; ORTIZ-MONASTERIO. I. Integration of environmental, agronomic, and economic aspects of fertilizer management. **Science**, v. 280, n. 5360, p. 112-115, 1998.

MENDES, C.T. A erosão das terras nos cafezais. **Revista de Agricultura**, v. 3, n. 9-10, p. 21-26, 1928.

MORAIS, L.F.B.; COGO, N.P. Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um Argissolo Vermelho da Depressão Central (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 12, p. 1041-1051, 2001.

MOTOYAMA, S. Os principais marcos históricos em ciência e tecnologia no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 1, n.1, p. 41-49,1985.

NASCIMENTO, P.C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 121-125, 1999.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C.; JACQUES, F.O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico de Serra Talhada (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 2, p. 183-186, 1987.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C.; SILVA, A.B. Práticas conservacionistas e as perdas por erosão na cultura do milho isolado e consorciado no Sertão do Pajeú (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 69-72, 1990.

OLSON, T.C.; WISCHMEIER, W.H. Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 27, n. 5, p. 590-592, 1963.

PIERCE F. J.; LARSON, W.E; DOWDY, R.H.; GRAHAM, W.A.P. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, n. 1, p. 39-44, 1983.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SPHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

PINESE JÚNIOR, J.F.; CRUZ, L.M.; RODRIGUES, S.C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 157-175, 2008.

PIRES, L.S.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; LEITE, F.P.; BRITO, L.F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 678-695, 2006.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S.C.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 91-98, 2005.

PUGLIESI, A.C.V.; MARINHO, M.A.; MARQUES, J.F.; LUCARELLI, J.R.F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 113-121, 2011.

QUAGGIO, J.A.; van RAIJ, B. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 3, p. 184-187, 1979.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim Técnico, 81)

REICHERT, J.M.; CABEDA, M.S.V. Salpico de partículas e selamento superficial em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n. 3, p. 389-396, 1992.

RENARD, K.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; PORTER, J.P. RUSLE: revised universal soil loss equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 46, n. 1, p. 30-33, 1991.

RESENDE, A. Conservação do solo, erosão e seu combate. **Revista Ceres**, v. 5, n. 25, p. 27-45, 1943.

RODRIGUES, C.M. A pesquisa agropecuária federal no período compreendido entre a República Velha e o Estado Novo. **Cadernos de Difusão de Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 129-153, 1987b.

RODRIGUES, C.M. A pesquisa agropecuária no período do pós-guerra. **Cadernos de Difusão de Tecnologia**, v. 4, n. 3, p. 205-254, 1987c.

RODRIGUES, C.M. Gênese e evolução da pesquisa agropecuária no Brasil: da instalação da Corte Portuguesa ao início da República. **Caderno de Difusão de Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 21-38, 1987a.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em Região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 1, p. 135-153, 2005.

RUFINO, R. L.; HENKLAIN, J. C.; BISCAIA, R. C. M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n.3 p. 277-280, 1985.

SANJAD, N. Éden domesticado: a rede luso-brasileira de jardins botânicos, 1790-1820. **Anais de História de Além-Mar**, v. 7, p. 251-278, 2006.

SANJAD, N. Os Jardins Botânicos luso-brasileiros. **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 1, p. 20-22, 2010.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, R.S. Breves notas sobre a natureza da política agropecuária brasileira: do planejamento por produto ao planejamento global. **Revista de Administração Pública**, v. 23, n. 2, p. 39-53, 1989.

SARAIVA, O.F.; COGO, N.P.; MIELNICZUK, J. Erosividade das chuvas e perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno avermelhado distrófico I. Resultados do segundo ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 121-128, 1981.

SARCINELLI, O.; MARQUES, J.F.; ROMEIRO, A.R. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçandinha. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 4, p. 5-16, 2009.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p.427-436, 2000.

SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n.2, p. 287-291, 1997.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966.

SILVA, A.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

SILVA, A.M.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; LIMA, J.M.; AVANZI, J.C.; FERREIRA, M.M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p.1223-1230, 2005.

SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P.; CAMPOS FILHO, O.R.; OLIVEIRA, F.A.P. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3 p. 289-292, 1986.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n. 2, p. 313-319, 1997.

SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P.; FILHO, O.R.C. Efeito da cobertura vegetal e de práticas conservacionistas sobre perdas por erosão numa Terra Roxa estruturada eutrófica. **Agropecuária Técnica**, v. 6, n. 2, p. 58-66, 1985.

SILVA, M.A. Documento histórico sobre o Jardim Botânico. **Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura**, v. 1, n. 4, p. 41- 44, 1870.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M.; FERREIRA, D. F. Proposição de modelos para a estimativa da erodibilidade de Latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2287-2298, 1999.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, M.S.; FERREIRA, M.M.; LOMBARDI NETO, F. Comparação entre métodos diretos e indiretos para determinação da erodibilidade

em Latossolos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 11, p. 1751-1761, 1994.

SILVA, T.C.A.; VIEIRA, C. Influência da adubação verde intercalar e do manejo da palhada sobre as perdas por erosão na cultura de milho. **Revista Ceres**, v. 19, n. 106, p. 416-423, 1972.

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 32, n. 5, p. 231-236, 1977.

SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W.H. Factors affecting sheet and rill erosion. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 889-896, 1957.

SORRENSON, W.J.; MONTOYA, L.J. **Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. (Boletim Técnico, 21)

SOUSA, A.R.; SILVA, A.B.; REIS, R.M.G.; NUNES FILHO, J.; LIMA E SÁ, L.; MAFRA, R.C. Influência do uso e manejo do solo em relação à erosão e alterações químicas num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico de Serra Talhada – PE. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 10, n. especial, p. 107-115, 1997.

SOUZA, A.R.; NUNES FILHO, J.; SILVA, A.B.; MOREIRA, C.N.; MAFRA, R.C.; REIS, R.M.G.; MANGUEIRA, J.B. Escoamento superficial em solo Bruno não cálcico com diferentes manejos e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 10, n. especial, p. 101-105, 1997.

SOUZA, J.A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M.A.A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012.

STEINER, J.L. Crop residue effects on water conservation. In: UNGER, P.W. (ed.) **Managing agricultural residues**. Boca Raton: Lewis Publications, 1994. p. 42-70.

TENGBERG, A; STOCKING, M.; DECHEN, S.C.F. The impact of erosion on soil productivity: an experimental design applied in São Paulo State, Brazil. **Geografiska Annaler**, v.79, n. 1-2, p.95-107, 1997.

WALTRICK, P.C.; MACHADO, M.A.M.; OLIVEIRA, D.; GRIMM, A.M.; DIECKOW, J. Erosividade de chuvas no estado do Paraná: atualização e influência dos eventos “El Niño” e “La Niña”. Curitiba: DSEA, 2011. (SBCS-NEP, Boletim técnico, 1)

WISCHMEIER, W. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 31, n. 1, p. 5-9, 1976.

WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factor evaluations for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 24, n. 4, p. 322-326, 1960.

WISCHMEIER, W.H. The USLE: Some reflections. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 39, n. 2, p. 105-107, 1984.

WISCHMEIER, W.H., MANNERING J.V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Journal**, v. 33, n. 1, p. 131-137, 1969.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions American Geophysical Union**, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. (Agriculture Handbook, 537)

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Rainfall-erosion losses from cropland east of the rock mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation**. Washington: USDA, 1965. (Agriculture Handbook, 282)